

공학석사 학위논문

초고층 건물의 사례 데이터베이스 구축 및  
사례기반추론기법을 이용한 개념구조설계법

*Development of Case Database and  
Conceptual Structural Design Method using  
Case-Based Reasoning for Tall Buildings*

지도교수 송 화 철

2007년 2월

한국해양대학교 대학원

해 양 건 축 공 학 과

김 수 환

# 목 차

<i>Abstract</i> .....	vi
<b>1. 서 론</b> .....	1
1.1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1.2 연구 동향 .....	3
1.3 연구범위 및 방법 .....	4
<b>2. 사례기반추론기법</b> .....	7
2.1 사례기반추론의 개요 .....	7
2.2 사례기반의 특징 .....	8
2.2.1 사례기반추론의 장·단점 .....	9
2.2.2 사례기반추론과 규칙기반추론의 차이 .....	9
2.3 사례기반추론의 절차 .....	11
2.3.1 사례의 표현 .....	11
2.3.2 사례의 색인 및 검색 .....	12
2.3.3 사례의 조회 .....	14
2.3.4 사례적용 .....	17
<b>3. 사례기반추론기법을 이용한 개념구조설계법</b> .....	19
3.1 초고층 건물 구조시스템의 분류 .....	19
3.2 국내 초고층건물의 사례분석 .....	22
3.2.1 국내초고층건물의 구조적 특성 .....	22

3.2.2 국내초고층건물의 현황 .....	23
3.2.3 웹기반 사례 데이터(Case Data) 구축 .....	32
3.3 귀납적 조회기법 .....	33
3.3.1 해안 지역의 알고리즘 개발 .....	33
3.3.2 내륙 지역의 알고리즘 개발 .....	39
3.4 최근린 조회기법 .....	45
3.4.1 가중치에 따른 결과값의 비교 .....	46
3.4.2 가중치에 따른 유사도의 비교 .....	48
<b>4. 초고층 건물 적용예제 .....</b>	<b>52</b>
4.1 귀납적 조회기법을 이용한 구조시스템 선정 .....	52
4.2 최근린 조회기법을 이용한 유사설계 사례도출 .....	56
<b>5. 결 론 .....</b>	<b>59</b>
<b>참고 문헌 .....</b>	<b>61</b>

# 표 목 차

표 2.1	규칙기반추론과 사례기반추론의 비교	10
표 2.2	Kolodner의 인덱스 가이드라인	13
표 2.3	최근린 조회기법과 귀납적 조회기법의 차이 비교	16
표 2.4	사례적응의 종류	18
표 3.1	구조시스템의 분류방법	20
표 3.2	국내 초고층 건물 사례	24
표 3.3	해안지역의 초고층 건물 사례	35
표 3.4	1번 결정마디(최대수평변위(270mm))에 따른 분류	36
표 3.5	2번 결정마디(지상높이(150m))에 따른 분류	36
표 3.6	3번 결정마디(최대수평변위(200mm))에 따른 분류	37
표 3.7	4번 결정마디(기준층 층고(2.9m))에 따른 분류	37
표 3.8	2번 결정마디(지상높이(170m))에 따른 분류	38
표 3.9	3번 결정마디(기준층 층고(3m))에 따른 분류	38
표 3.10	4번 결정마디(지상높이(125m))에 따른 분류	38
표 3.11	5번 결정마디(최대수평변위(300mm))에 따른 분류	39
표 3.12	내륙지역의 초고층 건물 사례	40
표 3.13	1번 결정마디(최대수평변위(300mm))에 따른 분류	41
표 3.14	2번 결정마디(기준층 층고(3.1m))에 따른 분류	42
표 3.15	3번 결정마디(최대수평변위(200mm))에 따른 분류	43
표 3.16	4번 결정마디(지상높이(118m))에 따른 분류	43
표 3.17	3번 결정마디(기준층 층고(2.9m))에 따른 분류	44
표 3.18	4번 결정마디(지상높이(135m))에 따른 분류	44
표 3.19	5번 결정마디(최대수평변위(260mm))에 따른 분류	44
표 3.20	가중치에 따른 유사사례결과 (A건물)	46

표 3.21 가중치에 따른 유사사례결과 (B건물) .....	48
표 4.1 적용예제의 속성 (A건물) .....	52
표 4.2 적용예제의 속성 (B건물) .....	55
표 4.3 적용예제의 유사 설계 사례 결과(B건물) .....	57

# 그림 목 차

그림 1.1 연구 흐름도 .....	6
그림 2.1 사례기반추론의 순환구조 .....	8
그림 3.1 구조 시스템의 비교 .....	19
그림 3.2 구조 시스템의 분류 .....	21
그림 3.3 구조 시스템의 종류 .....	23
그림 3.4 아웃리저 시스템 적용 사례건물(모멘트 골조) .....	25
그림 3.5 아웃리저 시스템 적용 사례건물(전단벽) .....	26
그림 3.6 전단벽 시스템 적용 사례건물 .....	26
그림 3.7 RC Core & 모멘트 골조 시스템 적용 사례건물 .....	27
그림 3.8 높이별 구조시스템 현황 .....	28
그림 3.9 최대 수평변위별 구조시스템 현황 .....	29
그림 3.10 설계풍속별 구조시스템 현황 .....	30
그림 3.11 기준층 층고별 구조시스템 현황 .....	31
그림 3.12 사례들의 Case Data Base 구축 .....	32
그림 3.13 귀납적 조회기법에 의한 알고리즘(해안지역) .....	34
그림 3.14 귀납적 조회기법에 의한 알고리즘(내륙지역) .....	39
그림 3.15 Case Study 개념도 .....	45
그림 3.16 가중치에 따른 유사도결과 비교 (A 건물) .....	49
그림 3.17 가중치에 따른 유사도결과 비교 (B 건물) .....	50
그림 4.1 적용예제 조감도 (A건물) .....	52
그림 4.2 적용예제 구조평면도 (A건물) .....	53
그림 4.3 적용예제 조감도 (B건물) .....	54
그림 4.4 적용예제 구조평면도 (B건물) .....	55
그림 4.5 유사 설계 사례 정보 (B건물) .....	58

## *Abstract*

# *Development of Case Database and Conceptual Structural Design Method using Case-Based Reasoning for Tall Buildings*

Kim, Soo-Hwan

Dept. of Oceanic Architectural Engineering  
Graduate School, Korea Maritime University

Conceptual structural design of tall buildings consists of selecting structural materials and form of a building and producing a preliminary dimensional layout. Key parameters of a building, such as height of the building, typical live load, wind velocity, design acceleration, maximum lateral deflection, span, and story height, are important factors in the conceptual design phase. Knowledge solutions from similar problems in the past can be used for defining and finding a solution to a design problem. CBR(Case-based reasoning) is a problem solving approach that uses past experience and is highly useful to finding solutions for similar problems.

In this paper, the conceptual structural design method using CBR which is intended to assist engineers in the schematic phase of the structural design of tall buildings is introduced. Inductive retrieval method and nearest-neighbor retrieval method are used for selecting structural system and similar design case, respectively. This study presents a schematic

design method based on CBR using design information of tall building as a solution for the preliminary conceptual design stage. The conclusions of this study are as follows.

1. To present conceptual structural design method using CBR for tall buildings, this study analyzed forty seven structural systems of tall buildings which are built or planned to be built in Korea, grouped them according to their attribution, and established the Case Data Base.

2. Using inductive retrieval method, this study developed algorithm for selecting structural system in the area of both over 40m/s and under 40m/s wind velocity, applied attribution of tall buildings to each algorithm, implemented conceptual structural design, and confirmed it's adaptability.

3. In the process of selecting similar design case using Nearest-neighbor retrieval method, when different weights are put into each attributions, the results are compared and analyzed. When applying average weights to each attributions, similarity of 97% has been drawn and different weights are put into the each attributions, the range of gaps is within  $\pm 2\%$ .

4. Using the Case Data Base, similar design cases involving structural system, plane form, other design information have been derived. The used attributions are height of building, story number, maximum drift ratio, wind velocity. The structural design information presented through the similar case study can be used in the initial design stage.

# 1. 서 론

## 1.1 연구배경 및 목적

급속한 산업화와 인구증가와 함께 도시집중현상은 토지부족을 발생시켰으며, 협소한 토지의 효율을 극대화시키기 위하여 건축물의 고층화가 초래되었다. 초고층 건물은 도심지 내에서 한정된 토지의 사용율을 최대한 높일 수 있도록 실 거주 공간과 경제활동 공간, 그리고 취미와 여가활동을 동시에 만족시킬 수 있는 하나의 대안으로 제시되고 있다. 이런 건물의 고층화는 풍하중이나 지진하중과 같은 수평하중에 의한 수평변위가 저층건물에 비해 많이 발생하게 한다. 건물의 높이가 높아짐에 따라 전체적인 건물의 안전성과 경제성에 미치는 요소가 수직하중에 의한 것보다는 수평하중에 의한 것이 더 크다는 것을 의미하며, 수평하중 저항시스템의 선정이 초고층건물의 설계시 중요한 요소가 되었다. 따라서 초고층 건축물은 계획, 설계, 구조, 설비, 시공, 재료 등의 모든 분야의 최고기술이 상호 연관된 결정체로 수평하중에 저항하기 위하여 특별한 구조시스템을 도입할 필요가 있는 건물이라 할 수 있다.

초고층 건물에 대한 구조설계기술은 건축공학 분야의 핵심적인 기술로서 본 기술의 발전은 제반 건축설계 및 엔지니어링 기술의 향상을 이끌 수 있는 선도 기술 중 하나이다. 그러므로 초고층 건물 구조설계기술의 확보는 국내 건설산업, 특히 건축분야의 기술 수준을 평가할 수 있는 척도이며, 국내 건설산업을 노동집약적 저부가가치산업에서 기술집약적 고부가가치산업으로 전환하는데 필요한 기반 기술이다.

초고층 건물의 경제성에 영향을 주는 구조시스템 선정 및 배치를 위해서는, 기본설계 단계에서 가능성이 있는 많은 대안을 생성하고 각 대안의 안전성, 사용성, 경제성 등을 비교 검토하여 최적시스템을 선정하는 방법이 가장 실용적이고 합리적이다. 그러나 어떠한 형태로든 전산화가 진행되고 있는 본설계 단계와는 달리 기본설계 단계의 경우 많은 부분이 구조설계자의 경험과 수계산에

의해 수행되고 있어, 제한된 시간 내에 다양한 대안의 생성과 비교 검토한다는 것은 현실적인 어려움이 있다. 이러한 이유로 국내의 거의 모든 초고층 건물의 기본설계가 선진 외국회사의 구조사무실에 의해 수행되고 있는 실정이다. 이를 개선하기 위해서는 과거의 기본설계와 실시설계의 사례들을 데이터베이스화하여 기본설계 단계에서 시간을 단축하는 방법이 있다.

국내에서의 초고층 건물 데이터베이스 구축은 기본설계 단계에서 과거 사례로부터 구조설계 정보를 이용할 수 있게 한다. 또한, 본설계 단계에서도 각 단위작업을 일관성 있게 지원할 수 있어 구조설계업무의 품질과 효율을 대폭 향상시킬 수 있다. 초고층 건물 설계시 건물 높이, 사용하중, 기본풍속, 설계 기본 주기, 지역, 건물용도, 설계가속도, 기준층 층고, 최대수평변위 등을 이용해 Case Data Base에서 유사 설계 사례를 도출하게 되면, 그 사례로부터 주재료, 대략적인 부재선정 및 구조시스템 등의 정보를 참고로 할 수 있다. 이를 통하여 기본설계 단계에서의 여러 가지 대안에 대한 해석의 반복을 피할 수 있기 때문에 시간의 단축과 대안의 질을 높일 수 있다.

기본설계 단계에서는 다양한 지식, 과거의 경험, 규칙, 그리고 직관력 등을 필요로 하기 때문에 이러한 것들을 전산화하기 위해서 일반적인 절차적 프로그래밍 언어를 사용하는 것은 어렵다. 이에 대한 해결책으로 사례기반추론기법(Case-based Reasoning)을 이용한 개념구조설계법의 개발이 필요하다. 사례기반추론기법이란 주어진 새로운 문제를 과거의 유사한 사례를 바탕으로 주어진 문제의 상황에 맞게 응용하여 해결해 가는 기법을 말한다.

본 논문에서는 기본설계 단계에서 좀 더 많은 대안이 검토될 수 있도록 국내 초고층 건물 사례들을 바탕으로 데이터베이스를 구축하여 대안 생성 및 선정 업무를 효율적으로 할 수 있도록 한다. 또한, 국내 초고층 건물 사례를 바탕으로 구축한 Case Data Base로 사례기반추론기법을 이용하여 개념구조설계법을 개발하고자 한다. 사례기반추론기법을 통한 구조 시스템 선정을 할 수 있는 알고리즘의 개발하고, 기본설계 단계에서 유사 설계 사례를 도출하고 조회된 유사설계사례들의 구조 설계정보를 새로운 설계의 기본설계 단계에서 적용

할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

## 1.2 연구동향

사례기반추론기법을 이용한 연구는 컴퓨터와 경영분야에서 많이 적용하였으나, 건축분야에서는 1990년대 중반부터 많은 연구가 수행되고 있다. 건축설계 분야에서는 공간의 구성이나 건축디자인의 검색등과 같은 연구<sup>1)~3)</sup>가 이루어졌으며, 사업관리 분야에서는 공법과 공사비등과 관련된 연구들<sup>4),5)</sup>이 이루어졌다.

사례기반추론을 이용한 개념구조설계에 관한 연구는 외국의 경우 Maher가 사례기반추론기법을 적용하여 Case Library를 이용한 구조설계법에 대한 연구를 수행하였다.<sup>6)</sup> 이 연구에서 사례기반추론을 통한 구조설계를 SAM(for Structures And Materials)이라고 칭하면서, 건축을 전공하는 학생들에게 Case Library를 통한 학습방법이 매우 유용하다는 것을 밝혔다. 최근에는 Soibelman 이 설계 초기단계에서의 사례기반추론을 응용한 다중추론기법(M-RAM)<sup>7)</sup>을 제안하였다. 이 논문에서는 M-RAM(Multi-Reasoning Model)의 실행을 통하여 초고층 건물의 구조설계 초기 단계에서 광범위한 인공지능 컴퓨터 시스템을 이용하는 결정요소들을 정하였다. M-RAM을 통해 반복된 구조해석의 수행이 불필요하게 되었으며, 설계단계에서의 시간단축과 함께 질을 향상시키는 효과를 가지게 되었다.

국내의 경우는 2004년 한국해양대학교의 MSL(Mega Structure Laboratory)에서 건교부와 건설교통기술평가원이 후원하고, 초고층 건축물 건설기술 개발 연구단이 주관하는 초고층 건축물 건설기술개발의 일부 연구과제로 통합설계 시스템에 관한 연구<sup>8)</sup>가 이루어졌다. 연구 결과, 국외 초고층 건물 사례들을 바탕으로 구조시스템의 선정을 위한 개념구조설계법을 개발하였다. 하지만 사례 데이터베이스로 구축된 국외 초고층 건물 사례들은 컴퓨터와 소프트웨어의 발전이 미흡한 시기에 설계된 31개의 사례들이다. 그렇기 때문에 현재 국내에서

계획하는 초고층 건물의 초기 개념설계시 적용하는 것에는 몇 가지 문제가 따른다. 먼저 새로운 재료들의 개발과 해석프로그램의 발달로 과거의 외국 사례의 구조정보를 사용하게 되면 경제성이 떨어진다. 또한 국내와 외국의 구조설계기준이 다르기 때문에 외국의 사례를 참고로 하는 사례기반추론기법은 큰 효율성이 없다.

### 1.3 연구방법 및 범위

본 논문에서는 국내의 초고층 건물을 사례로 하여 사례기반추론기법을 이용한 개념구조설계법을 제안하고자 한다. 이를 위한 국내 초고층 건물의 사례 수집은 국내 구조 사무실의 협조를 통해 50개의 데이터를 수집하였으며, 본 연구에 필요한 속성들의 값들이 명확한 47개의 사례를 선정하였다.

선정된 47개의 사례들을 바탕으로 국내의 초고층 건물 사례를 분석하여, 높이에 따른 구조시스템을 분류하고, 설계지역에 따른 설계기본풍속을 기준으로 구조시스템을 분류하였다. 또한, 최대수평변위별로 구조시스템을 분류하였으며, 기준층 층고에 따른 분류를 하여 한국해양대학교에서 개설한 홈페이지에 Case Data Base를 구축하였다.

데이터베이스를 바탕으로 하여 사례기반추론기법 중 귀납적 조회기법을 이용한 구조시스템 선정을 위한 알고리즘을 개발하고, 실제 구조설계된 건물과 계획 중인 건물을 예제로 하여 알고리즘의 적용성을 검토하였다. 초고층 건물의 구조시스템 선정 중 중요한 변수는 수평변위를 제어하기 위한 것이며, 이러한 수평변위에 가장 큰 영향을 미치는 것이 풍하중이기 때문에 40m/s미만의 설계기본풍속을 가지는 서울을 비롯한 내륙지방과 40m/s이상을 설계기본풍속으로 하는 부산등의 해안지역으로 구분하여 연구를 진행하였다.

또한 사례기반추론기법 중 최근린 조회기법을 통해 유사 설계 사례를 도출하는 과정에서 건물의 속성들을 선별하여, 그 속성들의 가중치에 따른 유사도

의 정확성과 유사 설계 사례의 결과를 비교분석하였다. 이를 바탕으로 하여 유사 설계 사례의 도출이 얼마나 유사한 정보를 제공하는지 예제를 통해 확인하였다.

그림 1과 같이 2장에서 사례기반추론기법의 특징과 절차에 대해 조사하고, 3장에서는 국내 초고층 건물의 사례들을 분석하여 사례 데이터 베이스를 구축하여 개념구조설계법을 개발한다. 3장에서 개발한 개념구조설계법의 적용성을 확인하기 위하여 4장에서 실제 초고층 건물에 적용하고, 5장에서 논문의 결론을 나타내는 순서로 진행하였다.

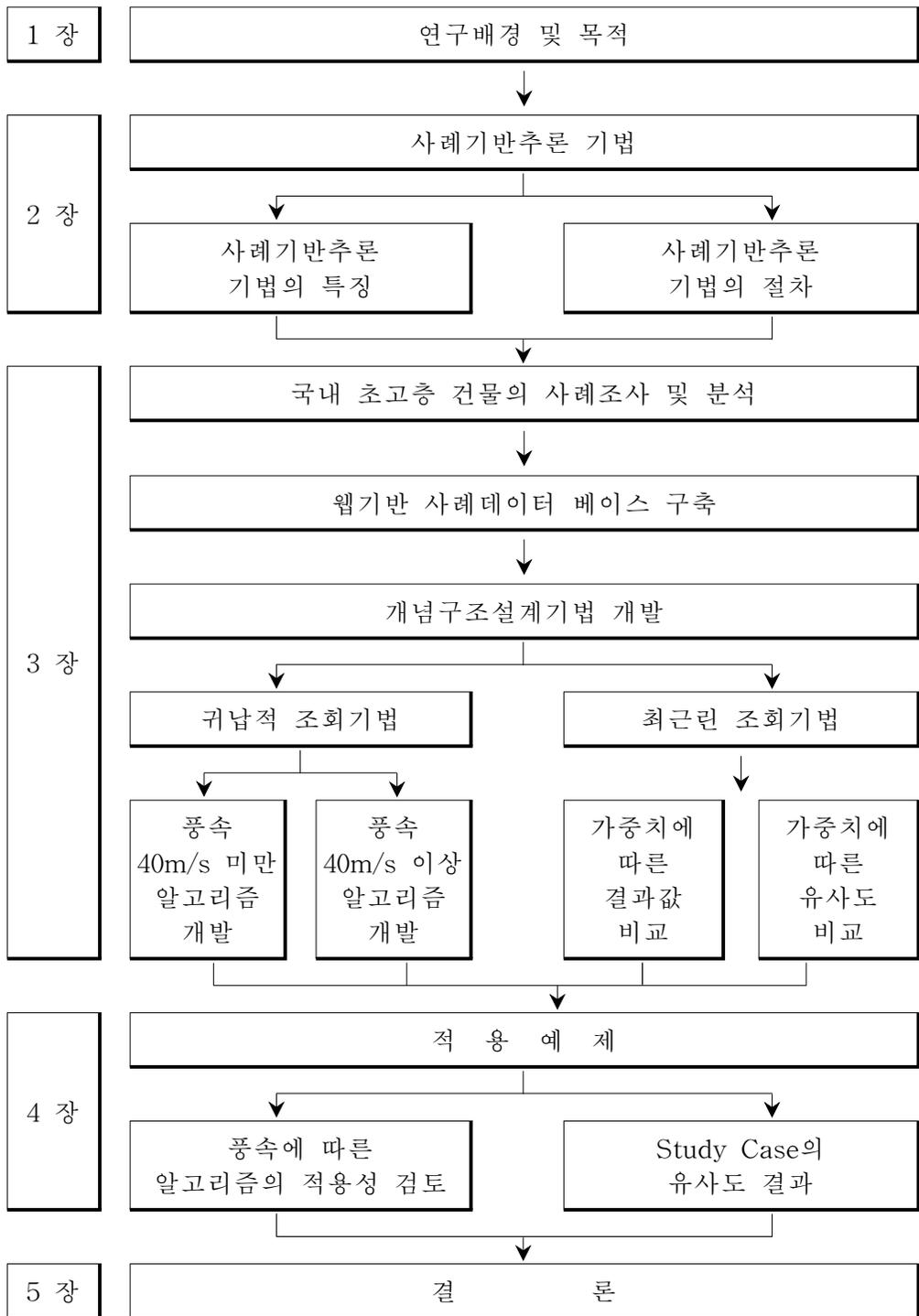


그림 1.1 연구 흐름도

## 2. 사례기반추론기법

### 2.1 사례기반추론의 개요

사례기반추론이란 Exemplar-Based Learning Algorithms, K-nearest Neighbor Algorithms, Memory-Based Reasoning이라고도 불리어지는 것으로, 주어진 새로운 문제를 과거의 유사한 사례를 바탕으로 주어진 문제의 상황에 맞게 응용하여 해결해 가는 기법<sup>9)</sup>이라고 할 수 있으며, 적용되는 분야 및 학자에 따라 각각 다르게 정의되고 있다. Kolodner는 ‘사례기반추론이란 새로운 요구에 대응하는 과거의 해답을 채택하거나, 과거의 사례를 이용하여 새로운 상황을 설명하거나, 과거의 사례로 새 해답을 평가하거나, 또는 새로운 상황을 이해하기 위해서나 새로운 문제에 대한 적당한 해답을 만들기 위해 선례로부터 추정하는 것을 의미한다.’라고 의미론적으로 설명<sup>10)</sup>하고, Turban은 ‘사례기반추론은 문제해결에 필요한 일정한 규칙을 찾기 힘든 문제의 영역에 적절한 것으로 판명되고 있으며, 특히 과거의 경험으로부터 효과적인 의사결정을 이끌어낼 수 있는 경우에 매우 효과적인 문제해결 방법론이다’라고 방법론적 측면에서 정의하였다<sup>11)</sup>. Riesbeck & Schank는 ‘사례기반 추론이란 과거의 어떤 문제를 해결하기 위해 사용했던 경험을 바탕으로 새로운 문제를 해결하는 방법’이라고 하였다.<sup>12)</sup>

인공지능과 관련된 여러 가지 기법 중의 하나인 사례기반추론은 기억장치에서 현재의 문제와 유사한 이미 해결된 문제를 찾고, 과거의 문제와 현재의 문제간의 차이를 고려하여 이전의 해결책을 바로 적용하거나, 해결책을 현재의 문제에 맞게끔 변형하여 수행하는 과정을 가진다.

사례기반추론을 이용한 방법은 과거의 전문가 시스템에서 사용하던 지식, 정형화된 규칙(Rule)의 추론을 통해서 해를 얻는 방법보다는 단순하면서도 문제영역이 잘 정형화되지 않는 분야에서는 좋은 접근법이라 할 수 있다.

사례기반 추론이 수행되는 과정은 그림 2.1과 같다. 새로운 문제를 입력하였

을 때 그 문제의 속성들을 색인하고 사례베이스에서 유사한 사례를 조회하게 된다. 검색된 사례에 문제의 속성들을 적용시켰을 때 나오는 해답을 확인하고 테스트하게 된다. 제안된 해답이 문제의 해결이 되었다면, 새로운 사례로 사례베이스에 저장하게 된다. 하지만 문제 해결이 되지 않았다면, 그 이유를 분석하고 수정하여 문제를 해결하고 그 데이터를 사례베이스에 추가하게 된다. 이를 통해 사례베이스를 증가시키고, 유사한 문제에서의 똑같은 실수를 범하지 않도록 한다.

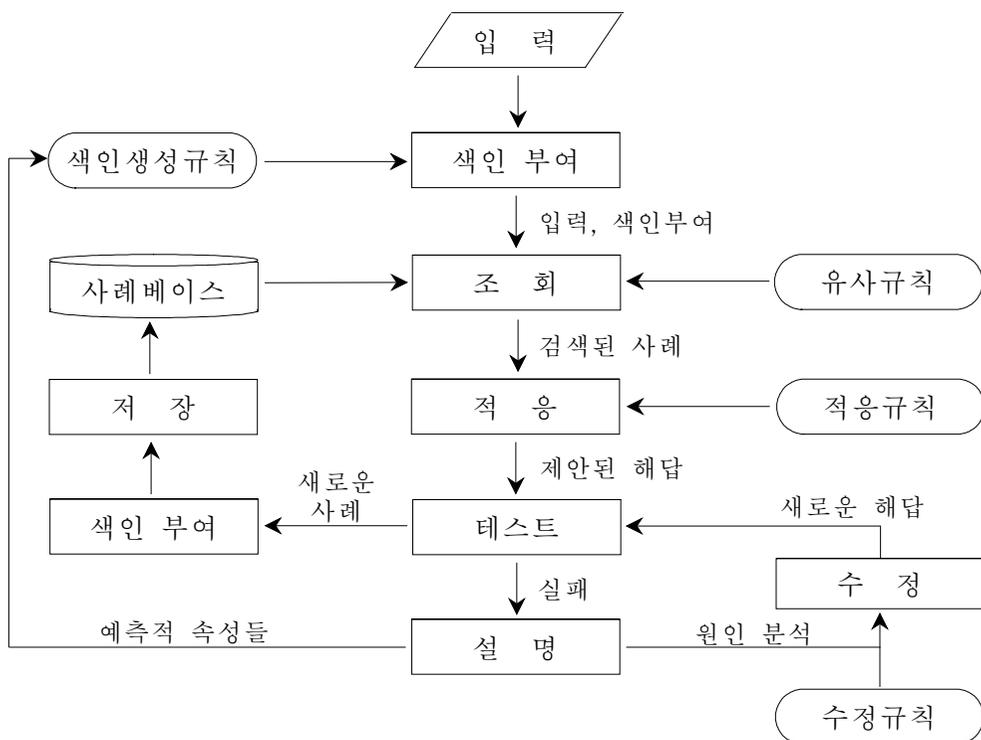


그림 2.1 사례기반추론의 순환구조<sup>13)</sup>

## 2.2 사례 기반 추론(Case-Based Reasoning)의 특징

사례기반 추론은 새로운 문제가 입력되어야만 학습을 할 수 있는 사후학습

기법이다. 학습과 추론이 문제가 입력되는 시점에 일어나며, 과거의 사례를 기반으로 새로운 사례의 해를 구하기 때문에 설명력이 강하다.

인공신경망은 연속형 속성(Continuous Feature), 범주형 속성(Categorical Feature)들 중에서 연속형 속성만을 사용하기 때문에 원본 데이터에 대한 변환 과정이 필요하지만, 사례기반 추론은 이러한 데이터 속성 유형에 상관없이 추론과 학습이 가능하여 학습과정이 쉽다. 사례기반 추론은 해결한 문제의 사례를 사례베이스에 저장한다. 또한, 경우에 따라서는 실패한 문제의 사례까지 저장을 함으로써 다음에 해결해야 할 사례에 대한 해결책을 더욱더 풍부히 가지게 된다.

### 2.2.1 사례 기반 추론의 장·단점

사례기반추론이 모든 분야에서 효율적으로 해를 가져다주는 것은 아니다. 특히 초보자의 경우, 종종 그들이 추론을 할 때, 적합한 사례군을 생성하지 못하는 경우가 생기기 때문에 새로운 분야에 초보자가 적용하기가 쉽지 않다. 과거의 사례들이 새로운 상황에 적합한지 평가해 보지 않고 현재의 추론에 사용하기 때문에 반복된 피드백을 해야하는 경우도 생기기 쉽다. 또한 사례기반추론을 하는 사람이 추론과정에서 조작을 할 수 있다는 단점을 가지고 있다. 반면 장점으로는 문제의 어떠한 부분이 중요한가를 제시해줌으로써 추론이 중요한 부분에 집중할 수 있도록 도와준다. 그리고 과거의 사례로 문제해결에 실패한 경우에도 그 문제의 해결책을 새로운 사례로 만듦으로써 반복된 실패를 하지 않도록 한다. 해답을 평가할 수 있는 적절한 알고리즘이 존재하지 않을 때에도 평가의 수단을 제시해주며, 제대로 정의되지 않은 개념을 정의하는데 사례를 유용하게 사용할 수 있다. 다른 인공지능기법과 달리 해답을 수집하는 데 필요한 시간을 줄여줌으로써 문제에 대한 해답을 즉시 도출할 수 있다.<sup>15)</sup>

### 2.2.2 사례 기반 추론과 규칙 기반 추론(다른 인공지능기법)의 차이

사례기반추론은 다른 인공지능기법들과 주어진 지식에서 새로운 지식을 추론

해 내는 방식에서 차이가 있다. 일반적인 인공지능기법들(규칙기반시스템, 인공 신경망, 유전자알고리즘)이 가용한 모든 사례들을 가지고 일반화된 지식(Generic knowledge)을 추출하여 이를 이용한 연역적인 추론을 수행하는데 반면, 사례기반추론은 사례 하나하나를 지식으로 간주하여 일반화된 논리가 아닌 사례마다의 독특한 지식(Case specific knowledge)을 활용하여 귀납적인 추론을 수행한다.

표 2.2 규칙기반추론과 사례기반추론의 비교<sup>13)14)</sup>

기준	규칙기반추론	사례기반추론
지식의 단위	규칙	사례
지식의 획득	전문가로부터 규칙조회	사례의 수집
추론방법	IF-THEN 형식의 규칙을 이용	여러 특정한 상황의 사례를 이용
적용의 범위	정의된 범위	정의된 범위외의 문제 해결 가능
시스템의 구축	전문가의 추론과정과 일치된 규칙의 구조화에 많은 시간이 소요	사례를 수집하고 이를 색인에 따라 사례베이스를 구축
유지보수	시스템의 유지보수와 지식의 추가·확장에 많은 노력이 필요	지식의 추가는 단순히 보다 많은 사례를 축척하고 색인을 부여하는 것이 전부
학습 능력	동일한 실수를 반복	사례를 기억함으로써 동일한 실수의 반복을 피할 수 있다
결과의 설명	단순한 규칙의 연쇄를 보고	사용한 과거의 유사한 사례를 보여줌으로써 결과의 정당화에 유리

표 2.1은 규칙기반추론과 사례기반추론의 차이를 비교하여 보여준다. 규칙기반추론(Rule Based Reasoning)은 전문가 시스템에서 많이 사용하고 있으며, 특정 지식영역에 대한 한 사람 또는 여러 사람의 전문지식을 끌어내어 일련의 규칙(rule) 형태로 표현한 다음 그것을 정리하여 규칙기반(rule-based)을 구현하고 이렇게 저장된 규칙기반을 통해 추론해 나감으로써 주어진 문제를 해결하는 기법이다. 그러나 실제로 문제를 해결할 때 미리 모든 규칙을 구축할 수 없는 경우가 많으며, 문제가 규칙과 일치하지 않을 경우에는 문제를 해결하기 어렵다.

## 2.3 사례 기반 추론(Case-Based Reasoning)의 절차

### 2.3.1 사례의 표현

사례기반추론에서 사례를 어떻게 표현할 것인가를 결정하는 것은 매우 중요한 일이다. 사례기반추론에서 사례는 특정 상황을 묘사하는 여러 속성값들의 집합이라고 할 수 있으며, 구체적으로 각 사례는 사례가 발생했을 때의 환경을 기술해 놓은 문제와 그 문제를 해결할 방법을 진술해 놓은 해결책 그리고, 그 해결책 이후의 결과로 구성되어 진다.<sup>10)</sup>

실제로 사례의 표현(Case representation)은 규칙(rules), 프레임(frames), 객체(objects), 의미망(semantic nets)등의 인공지능 분야에서 사용되는 모든 지식 표현형식으로 표현되거나, 데이터베이스의 레코드(record)의 형태가 사용되고 있다.<sup>16),17)</sup> 이 중에서 프레임 표현이 사례기반추론 소프트웨어에서 가장 많이 사용되고 있다.

프레임의 표현은 상속(Inheritance) 및 추상화(abstraction) 등 객체지향 개념의 장점을 가지면서, 물리적인 사례베이스의 구축시 관계형 데이터베이스의 자료구조와 동일한 형태의 자료 구조를 가지는 것이 가능하다. 그리고 사례의 구조가 관계형 데이터베이스의 자료 구조와 동일하게 될 경우 사례기반시스템에

서는 기존의 관계형 데이터베이스로 구축된 과거사례에 대한 자료들이 존재할 때 이를 거의 변화시키지 않고도 사례기반시스템의 사례베이스로 활용할 수 있다는 장점이 있다. 프레임은 스키마(Schema)와 슬롯(Slot)으로 구성되는 객체이며, 프레임으로 사례를 표현할 때 사례와 사례의 속성은 각각 스키마와 슬롯으로 표현된다.<sup>13)</sup>

### 2.3.2 사례의 색인 및 검색

가장 유사한 사례를 신속하게 도출하는 것을 주요 성능 지표로 하는 사례기반추론에서 어떠한 방법을 통해 사례의 색인과 사례의 조회를 수행하는가는 매우 중요한 문제이다.

먼저 사례데이터 베이스에서 사례를 색인하는 것은 도서관에서의 색인화 작업과 유사하다. 도서관에서의 색인화 작업이 사용자가 원하는 책을 보다 빠르고 정확하게 찾을 수 있도록 책들을 주제명 혹은 저자명 등으로 색인화하는 것이라면 사례기반추론에서 사례의 색인(case indexing)작업은 주어진 문제와 가장 유사한 사례를 보다 효과적으로 탐색하고 조회하기 위해 과거의 사례들을 그 유형에 따라 몇 개의 그룹으로 미리 그룹핑(grouping)해두는 것을 말한다. 즉, 사례의 색인이란 사례기반의 사례들을 일률적으로 모두 펼쳐두는 것이 아니라 그 성격이 비슷한 사례들끼리 묶어 조직화(organizing)하는 작업이다.<sup>18~20)</sup> Kolodner는 이러한 인덱싱에서 요구되는 가이드라인을 표 2.2로 나타내었다.

이러한 사례의 색인은 사례기반추론에 크게 두 가지의 효익을 준다. 우선 문제의 적용분야에 대한 전문적인 지식(domain knowledge)을 이용하여 색인을 수행함으로써 자칫 너무 사례중심의 지식(case specific knowledge)에만 치우칠 수 있는 사례기반추론의 추론과정에서 일반적인 지식(generic knowledge)을 활용할 수 있게 도와준다. 그리고 사례의 색인을 통해 과거의 유사한 사례를 찾는 탐색 공간(search space)을 좁혀줌으로써 사례기반추론의 효율성을 높여준다.

표 2.3 Kolodner의 인덱스 가이드라인<sup>10)</sup>

구 분	내 용
Predictiveness	· 문제를 해결하는데 요구되는 사례 특징의 조합 및 그것의 결과물에 영향을 미치는 조합들
Abstractness	· 사례가 구체적일지라도, 사례에 대한 인덱스를 설정하여, 적절한 상황의 수집에 사용될 수 있다.
Concreteness	· 인덱스가 너무 추상적이면 광범위한 범위에서만 추론이 가능
Usefulness	· 유용한 인덱스는 사례를 분류하여 추론자의 결정에 가이드를 제시

다음은 사례기반추론에서 주로 사용되는 자동화 색인방법들(automated indexing method)이다.<sup>21)</sup>

#### 가. 차이기반 인덱싱

차이기반 인덱싱(difference-based indexing)은 1983년 Janet Kolodner에 의해 최초로 개발된 사례기반추론 시스템인 CYRUS에 사용된 방법으로 시스템 디자이너가 하나의 사례를 다른 나머지 사례들로부터 구별짓는 색인들을 선택하여 인덱싱한다.<sup>17)</sup>

#### 나. 특성 및 차원기반 인덱싱 또는 체크리스트기반 인덱싱

특성 및 차원기반 인덱싱 또는 체크리스트기반 인덱싱(feature - and dimension - based indexing or checklist based indexing)은 사례기반추론을 적용하고자 하는 분야가 잘 연구되어 분석되어 있어 그 체크리스트에서 이미 산정된 중요한 차원들을 찾아볼 수 있는 경우에 사용하는 방법이다. 여기서 사례들은 속해진 차원에 따라 그 실제적인 값에 의해 검색된다. 이 방법은 MEDIATOR 시스템<sup>22)</sup>과 CHEF 시스템<sup>23)</sup>에서 사용되었다.

#### 다. 귀납적 학습기반 인덱싱

귀납적 학습기반 인덱싱(inductive learning-based indexing)은 주어진 문제 상황에서 예상되는 특성들(predictive features)을 밝혀내고 그 특성들을 인덱스로 사용하여 자동적이고 객관적으로 검색하고자 하는 방법이다. 이 방법에서는 ID3 알고리즘<sup>24)</sup>의 변형이 적용되었다.

#### 라. 유사도 기반 인덱싱

유사도 기반 인덱싱(similarity-based indexing)은 새롭게 주어진 사례와 과거의 사례가 얼마나 유사한가를 측정하여 검색하는 방법이다. 이 방법은 각 사례를 구성하는 속성들 간의 비교를 통하여 두 사례 간의 일치되는 속성의 개수를 계산한 뒤 그 개수를 인덱스로 사용한다.

### 2.3.3 사례의 조회

사례의 조회(case retrieving)는 사례의 인덱싱 방법과 함께 사례기반추론의 성능에 직접적인 영향을 미치는 중요한 요소이다. 이는 인덱싱 되어있는 과거의 사례들 중에서 실제로 어떻게 가장 유사한 사례를 조회하느냐의 문제로써 새로 주어진 사례와 사례기반에 저장되어 있는 인덱싱된 과거의 사례들을 매칭시켜가면서 가장 유사한 사례를 탐색하는 과정을 말한다.<sup>14)</sup>

사례의 조회는 그 매칭 알고리즘에 따라 연관적 추출(associative retrieval)과 계층적 추출(hierarchical retrieval)로 분류되는데 연관적 추출에서 사례의 매칭은 하나의 사례를 구성하는 모든 속성들이 각각 독립적으로 매칭되면서 이루어지고, 계층적 추출에서 사례의 매칭은 고도로 조직화된 계층구조를 통해 사례의 속성들이 매칭되면서 이루어진다. 이러한 연관적 추출의 대표적인 방법으로는 어떠한 계층적 체계도 고려하지 않는 최근린 매칭(Nearest-neighbor matching) 알고리즘이 있으며, 계층적 추출의 대표적인 방법으로는 고도로 조직화된 계층구조를 가지는 의사결정나무가 있다.

다음의 최근린 조회기법, 귀납법, 템플릿 추출법, 지식보조 귀납법은 사례기반추론에서 주로 사용되는 사례추출 방법들이다.<sup>16)</sup>

**가. 최근린 조회기법**

최근린 조회기법(Nearest-neighbor retrieval method)은 패턴의 인식을 위한 일반적인 분류(classification)알고리즘으로 사례기반추론에서는 새로운 사례 즉 주어진 문제와 과거의 사례를 구성하고 있는 속성들간의 유사도를 측정하여 가장 유사한 사례를 추출하는데 사용된다. 초기 최근린 조회기법에서는 모든 속성들에 동일한 가중치를 부여했으나 최근에는 각 속성들의 중요도를 근거로 각각 다른 가중치(Weight)를 부여하고 있다. 다음 식 2.1은 두 사례 간의 유사도를 측정하는 공식의 일반적인 형태이다.

$$\frac{\sum_{i=1}^n w_i * f(a_i, b_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \dots\dots\dots [식 2.1]$$

이 때 n은 하나의 사례가 가지는 특성들의 개수를 나타내며 w<sub>i</sub>는 특성i의 가중치를 의미한다. 그리고 f(a<sub>i</sub>,b<sub>i</sub>)는 같은 특성에 대한 현재와 과거의 사례값들 사이의 유사도를 의미한다.<sup>10)</sup> 유사도를 구하는 식은 식2.2와 같이 현재의 새로운 문제와 과거의 사례값을 대입하여 구한다.

$$1 - \left| \frac{a_i - b_i}{b_i} \right| \dots\dots\dots [식 2.2]$$

최근린 조회기법은 조회 목적이 잘 정의 되어있지 않거나 아주 작은 수의 사례만을 이용할 수 있는 경우 사용하기 좋은 방법이다.<sup>16)</sup> 이 접근법에서는 어떻게 특성들 각각의 가중치를 산출할 것인가를 결정하는 것과 정확한 해결책을 보다 효율적으로 탐색할 수 있도록 사례기반추론 모형을 설계하는 것이 매우

중요한 문제이다<sup>25)</sup>. 왜냐하면 일반적으로 최근린 조회기법은 사례기반의 크기가 증가하거나 사례를 구성하는 속성의 수가 늘어나면 탐색시간이 길어져서 그 효율성이 떨어지는 단점이 있기 때문이다.

### 나. 귀납적 조회기법

귀납적 조회기법(Inductive retrieval method)이란 먼저 ID3<sup>24)</sup>와 같은 귀납적 학습방법을 이용하여 사례를 분류한 후에 유사한 사례를 추출하는 방법이며, 검색의 목표가 잘 정의된 경우에 가장 좋은 방법이다. 귀납적 조회기법은 의사결정나무에서처럼 각 사례의 결과를 가장 잘 변별할 수 있는 속성을 기준으로 먼저 계층적으로 사례를 분류함으로써 사례의 탐색속도를 높이는 장점이 있다. 하지만 충분한 양의 데이터 즉, 사례가 확보되지 못할 경우 정확하게 변별력 있는 속성을 찾아내지 못하는 단점도 가지고 있다.<sup>14)</sup> 표 2.3은 최근린 조회기법과 귀납법의 차이를 비교하여 보여준다.

표 2.3 최근린 조회기법과 귀납적 조회기법의 차이 비교<sup>26)</sup>

최근린 조회기법	귀납적 조회기법
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사례기반의 크기가 증가하거나 변수의 수가 늘어나면 비효율적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사례기반의 크기나 변수의 수에 영향을 적게 받음</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전 과정의 작업을 온라인으로 진행하는 것이 가능함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 의사결정나무를 오프라인 상태에서 구해야 함</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 결측에 덜 민감함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 내의 의사결정나무를 구한 변수의 가감이 있어서는 안됨</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탐색시간이 오래 걸림</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 탐색시간이 빠름</li> </ul>

### 다. 템플릿 조회법

템플릿 조회법(Template retrieval)은 부과된 파라미터나 혹은 조건을 만족하

는 모든 사례를 조회하기 위해 SQL 쿼리를 사용하는 방법이다. 이 접근법은 주로 또 다른 사례 조회 접근법을 사용하기 앞서 적용되어 필터와 같은 기능을 수행하는데 이는 궁극적으로 탐색 공간을 제한해 주는 역할을 한다.<sup>27)</sup>

#### 라. 지식보조 귀납법

지식보조 귀납법(Knowledge-guided Induction)이란 문제의 적용분야에 대한 경험적인 지식을 이용하여 귀납법을 수행하는 것으로 전문적인 지식에 기초하여 어떤 특성들의 비교를 통해 유사한 사례를 도출할 것인가를 결정하는 것이다.

지식보조 귀납법은 다른 세 방법에 비해 개념적으로 훨씬 뛰어나지만, 지식이 잘 정리되어있지 않은 경우 실행하기 쉽지 않은 단점이 있어 현재 많은 시스템에서 지식보조 귀납법과 다른 사례추출방법들을 함께 결합하여 사용하고 있다.<sup>14),16)</sup>

#### 2.3.4 사례적응(case adaptation)

사례검색을 통해서, 정확히 부합되는 사례를 찾지 못한다면, 사례적응모듈은 사례데이터 베이스에서 새로운 환경에 사용될 수 있는 올바른 맥락을 갖는 과거 사례를 찾음으로써, 부합되지 않는 부분을 대체할 수 있다. 이러한 조정을 사례적응(case adaptation)이라 한다. 즉 적응은 검색된 사례를 현재의 사례에 맞추어 조정하는 프로세스이며, 일반적으로 사례기반추론(CBR)에는 대체(substitution)와 변형(transformation)의 2개의 적응이 있다.<sup>10)</sup>

대체는 이전 해결책의 특정 부분에 대한 교체를 선택하고 인스톨하는 프로세스으로써, 이전 해결책에서의 값을 새로운 사례에 대한 적당한 값으로 대체하는 것이다. 이전 해결책의 하나 또는 여러 개의 컴포넌트가 대체될 수도 있고, 전체 컴포넌트가 새로운 것으로 교체될 수도 있다. 변환은 삭제하거나 추가함으로써, 이전 해결책을 새로운 상황에 맞추거나 변환하거나, 그것의 일부분을 제거하고, 새로운 요소를 삽입하고, 일부를 조정함으로써 이전 해결책의 특정요소

를 변환하거나 대체하는 프로세스이다. 다음 표 2.4는 사례적응의 종류를 나타낸 것이다.

표 2.4 사례적응의 종류<sup>28)</sup>

Substitution Method	Transformation Method
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reinstantiation</li><li>• Parameter adjustment</li><li>• Local search</li><li>• Query memory</li><li>• Specialized search</li><li>• Case-based substitution</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Commonsense transformation</li><li>• Model-guided repair</li></ul>

### 3. 사례기반추론기법을 이용한 개념구조설계법

#### 3.1 초고층 건물 구조시스템의 분류

고층건물 위원회는 고층건물의 특유의 성질을 ‘높이가 설계, 시공 및 사용에서 어떤 특정한 지역과 시기의 보통 건물에 존재하는 것과는 다른 조건들을 제시하는 건물’로 정의하고 있다. 실무에 종사하는 구조기술자들에게는 수평하중 저항시스템이 고층건물의 구조 시스템을 분류하는 데 가장 중요한 사항으로 인식되어 왔다. 수평하중 저항 계획이 기본적인 보와 기둥의 집합체로부터 등가의 수직 캔틸레버의 개념으로 발전한 것은 어느 구조시스템의 방법론에 있어서도 기본이 되는 사항이다.

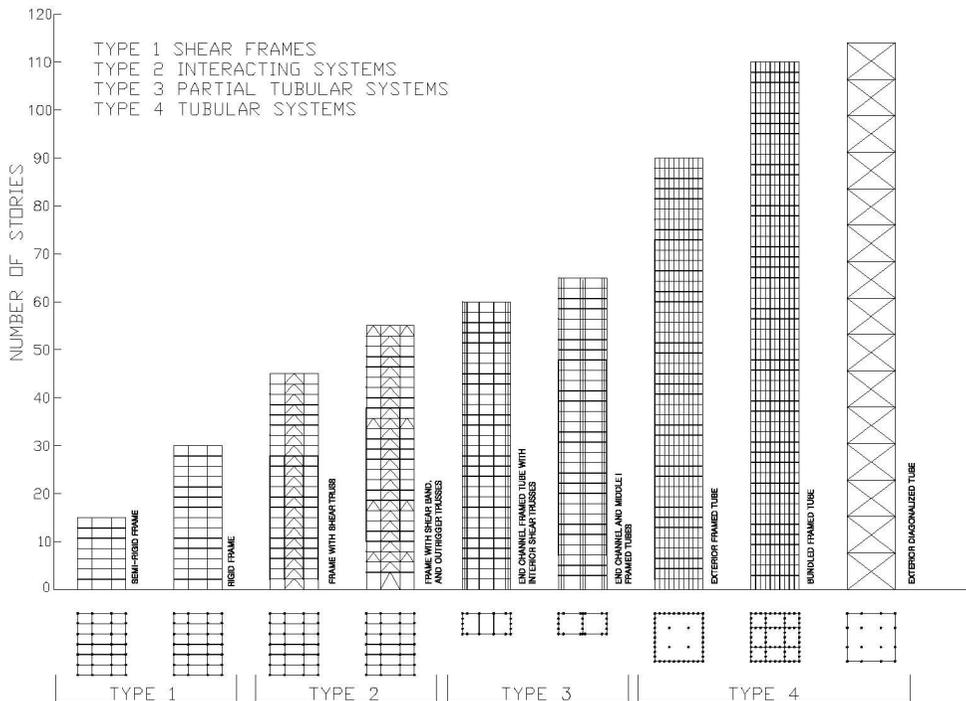


그림 3.1 구조 시스템의 비교<sup>29)</sup>

1965년 Fazlur Khan은 수평하중 저항에 대한 상대적인 효과에 관련하여 시스템 형태의 체계를 개략적으로 분류할 수 있다는 것을 그림 3.1과 같이 인식하였다.<sup>30)</sup> 도표의 한 쪽 끝은 모멘트저항골조로, 20~30층 범위의 건물에 효율적이며, 다른 쪽 끝은 높은 캔틸레버 효율의 튜브시스템을 열거한 것이다. 어떤 특정한 형태의 적용은 건물 높이의 제한된 범위에 걸쳐서만 경제성이 있다는 인식과 함께 다른 시스템들도 상한층을 정의하여 배열하였다. 시스템 도표들은 새로운 시스템이 개발되고 재료와 해석 기술의 발달에 따라 주기적으로 수정보완된다.

다른 한편으로, 분류과정은 표 3.1과 같이 건물의 물리적 측면뿐만 아니라, 설계 측면까지 정의한 특정한 기술과 시스템 기준에 근거를 둘 수 있다.

표 3.1 구조시스템의 분류방법<sup>31)</sup>

재료	철골, 콘크리트, 합성재
중력하중 저항시스템	바닥 골조(보, 슬래브), 기둥, 트러스, 기초
수평하중 저항시스템	벽, 골조, 트러스, 격벽
수평하중의 형태와 크기	바람, 지진
강도와 사용성의 요구조건	수평변위, 가속도, 연성

1984년 고층건물 위원회는 고층건물의 구조시스템을 분류함에 있어 구조시스템에 관련된 엄격한 방법론을 그림 3.2와 같이 개발하려고 시도하였다.<sup>32)</sup> 분류방법은 골조 중심으로 분할된 주 골조 시스템, 가새 보조 시스템, 바닥골조, 건물의 형태와 하중전달 방식 등 네 가지의 독특한 부류로 이루어져 있다. 이들 부류는 더 나아가 하부그룹과 세부항목으로 분류된다. 이런 분류법은 고층빌딩과 그 시스템에 대해서 일관성 있고 구체적 검증 및 고증이 되며, 더 나아가 고층 환경에서의 건물 성능에 대한 포괄적이고 국제적인 고찰을 가능하게 한다.

대부분의 분류방법들이 고층건물의 수평하중 저항성에 중점을 두고 있으나, 고층건물 세부시스템의 하중지지 기능이 독립적으로 다뤄지는 일은 거의 없다.

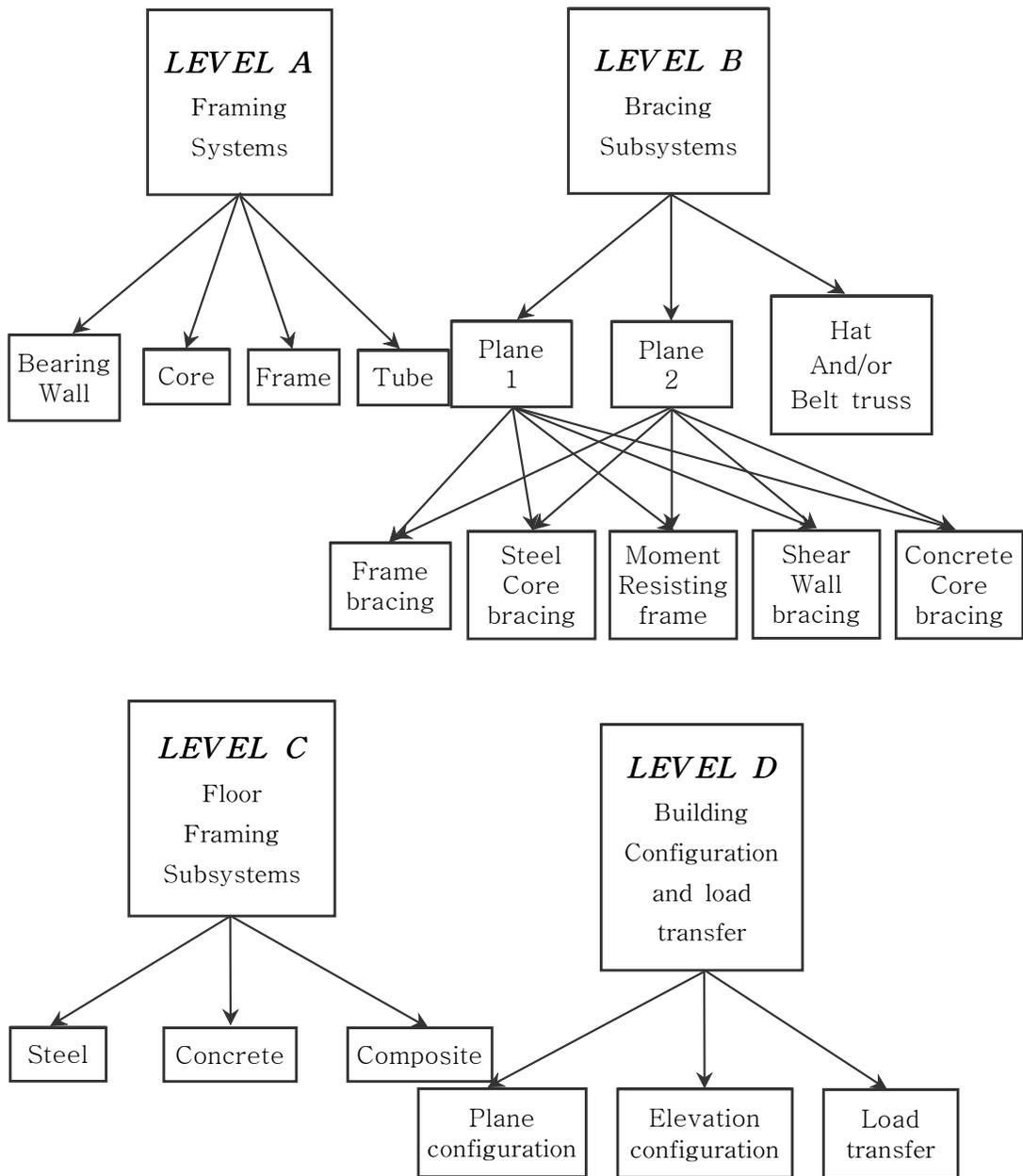


그림 3.2 구조 시스템의 분류<sup>32)</sup>

가장 효율적인 고층 시스템은 수평하중 저항에 대한 전체 구조체의 할증을 줄이기 위하여 수평하중 저항시스템 안의 수직 중력하중 저항 요소를 충분히 활용한다.

이러한 하부 시스템을 전체 구조물의 조직으로 통합하는 것이 중요한 사항임에도 불구하고, 바닥골조 시스템과 수평하중 저항시스템 사이에는 어느 정도의 독립적인 거동이 있다는 것이 일반적으로 인식되어 있다.

## 3.2 국내 초고층 건물의 사례 분석

### 3.2.1 국내 초고층 건물의 구조적 특성

국내의 경우 초고층 건물은 대부분이 단일 용도로 지어진 건물보다는 주상복합과 같이 복합적인 용도로 사용할 수 있는 건물로 많이 지어지고 있다. 복합 건물의 특성상 건축 용도별로 적합한 구조시스템은 아파트 또는 주거형 오피스텔의 경우는 전단벽 시스템이 건축용도에 맞으며, 하부의 상가 또는 주차장 부분에는 기둥식 구조가 적합하다. 이런 경우에 그 경계층에 전이층(Transfer Floor)을 두어 하중을 안전하게 전달시킨다. 이러한 복합구조는 하중 전달이 매우 복잡하며, 특히 지진하중 적용시 정밀 구조 해석 등이 요구되어진다. 구조설계의 정밀도가 지금보다 뒤떨어지던 90년대 이전에는 이러한 복합구조 건물의 설계는 가능한 배제되어 왔으나, 지금은 컴퓨터 등의 해석수단의 발달과 구조재료에 대한 연구가 상당히 진행되어 해석에 의해 구조물의 거동을 비교적 정확히 예측할 수 있어 최근 들어 초고층 건물에 많이 사용되고 있다.

또한, RC Core & 모멘트 골조 시스템에서는 해외의 6m~7.5m의 기둥간격을 가지는 것과 달리 국내의 초고층 건물은 9m내외의 기둥간격을 유지하고 있기 때문에 슬래브의 두께가 커지게 되고, 이로 인해 자중이 비교적 크게 된다. 또한 주로 외부마감재를 커튼월을 사용하지만, 기둥 간격이 넓더라도 커튼월의 수직 보강재 때문에 계획했던 만큼의 탁 트인 전망권을 가지기는 쉽지 않다.<sup>33)</sup>

### 3.2.2 국내 초고층 건물의 현황

다음 표 3.2는 현재 국내에서 지어지었거나, 계획중인 47개의 초고층 건물 사례들이다. 사례들을 중심으로 국내의 수평하중 저항구조시스템을 분류하면 그림 3.3과 같이 전단벽 시스템(Shear Wall system)과 코어 내력벽과 모멘트 골조 시스템(RC Core + Frame system), 아웃리거(Outrigger) 또는 벨트월 시스템(Belt Wall system)등으로 나눌 수 있다. 시스템 분류는 아웃리거 시스템이나 벨트월 시스템을 적용한 사례들은 먼저 선별하였다. 아웃리거층이나 벨트월층을 적용하는 것은 전단벽 시스템이나 코어 내력벽 및 모멘트 골조 시스템에 수평변위를 제어하기 위해 추가적으로 적용되는 시스템이기 때문이다.

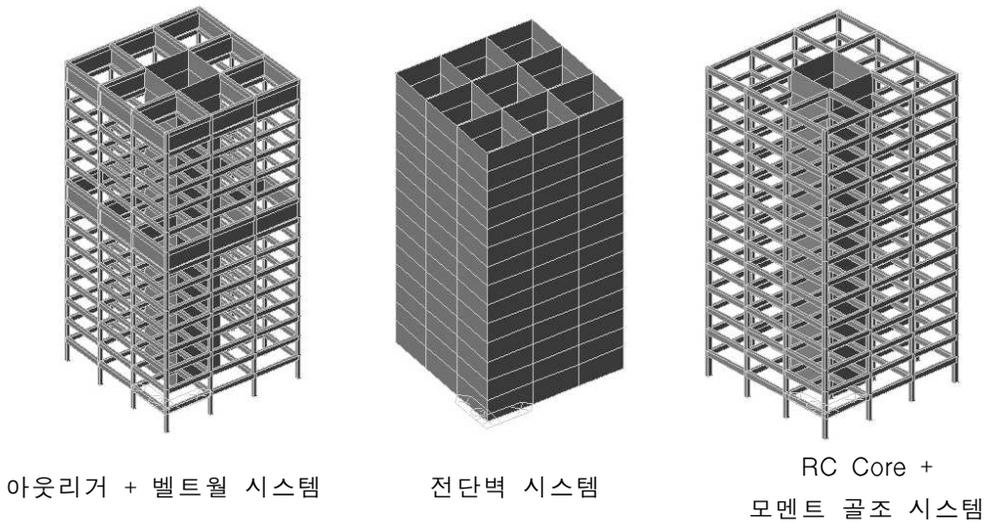


그림 3.3 구조시스템의 종류

본 논문에 사용된 47개의 사례들 중에는 19개의 초고층 건물이 아웃리거 시스템을 적용하였으며, 전단벽 시스템을 적용한 건물은 19개, 코어 내력벽 및 모멘트 골조 시스템을 적용한 건물이 9개이다.

사례건물들의 층수는 최소 31층부터 최대 69층이며, 지상 높이는 87.24m 이상 261.2m이하의 초고층 건물들이다. 서울을 비롯한 내륙지방의 건물을 25개 조사하였으며, 부산을 비롯한 해안지역의 건물은 22개의 사례를 수집하였다.

표 3.2 국내 초고층 건물 사례

정보	건물명	구조시스템	지상 높이 (m)	층 수 (F)	설계기본 풍속 (m/s)	최대수평 변위 (mm)	기준층 층고 (m)
No.1	대우 트럼프월드1	Outrigger	133	41	35	196	3
No.2	우동 트럼프월드 마린	Shear Wall	131.4	42	40	263.4	3
No.3	부산 우동 주상복합	Shear Wall	126	42	40	287	2.8
No.4	양정 스카이 재건축 APT	Shear Wall	119.7	43	40	219.3	2.8
No.5	여의도 트럼프월드2	Outrigger	120.7	36	35	189	3.1
No.6	타워베르빌	RC Core+Frame	145.7	43	40	270	3.2
No.7	성남동 주상복합	Outrigger	165	47	35	312	3.2
No.8	오륙도 SK View	Outrigger	146.2	47	40	322.4	2.9
No.9	잠실 갤러리아 팰리스	Outrigger	149.5	46	30	266.8	2.95
No.10	아카데미스위트	Outrigger	167	51	35	340	3.15
No.11	쌍용 스윗 닷컴	Shear Wall	144.55	40	40	257	2.9
No.12	분당트리플리스	RC Core+Frame	127.05	37	30	257	3.15
No.13	한화 마포 주상복합	Outrigger	109.4	43	30	160.6	2.9
No.14	부천 상동 주상복합	Shear Wall	136.9	37	30	255.9	3
No.15	용산 한강로 주상복합	RC Core+Frame	126.2	37	30	209	3.2
No.16	부산 HEIGHTS Xi	RC Core+Frame	120.8	38	40	277	2.7
No.17	우신 골든스위트	RC Core+Frame	140.24	37	40	305.9	3.2
No.18	하버빌 아파트	Shear Wall	122.45	37	40	243	2.8
No.19	롯데마포빌딩	RC Core+Frame	152.3	40	30	263.4	3.2
No.20	민락동 아이원 플러스	Outrigger	113.9	39	40	184.4	2.9
No.21	서초동 ACROVISTA	RC Core+Frame	119.63	37	30	206.6	3.15
No.22	수원영동	Shear Wall	142	36	30	230	2.8
No.23	대구 드림월드2 주상복합	Shear Wall	120.8	42	25	161.3	2.8
No.24	다대수협주상복합	Shear Wall	114.9	37	40	215.4	2.8
No.25	여의도 Park Suite	Outrigger	119.8	34	30	174.2	3.4
No.26	침산동 대우 우방 주상복합	Shear Wall	117.3	40	25	201.3	2.8
No.27	THE # 센텀파크	Outrigger	157.1	53	40	248	2.9
No.28	서울 황학동 주상복합	RC Core+Frame	116.2	33	30	180	3.2
No.29	목동 트라펠리스	Outrigger	171.2	49	30	414	3.2
No.30	롯데 캐슬 스카이	Shear Wall	100.1	38	40	251	2.8
No.31	해운대 비치 베르빌	Shear Wall	110.75	34	40	143.4	2.75
No.32	범천동 IAN 아파트	Shear Wall	107.2	35	40	223.6	2.8
No.33	HUB SKY	Outrigger	176.6	49	40	411	3.2
No.34	연산동 주상복합	Shear Wall	102	35	40	177.9	2.7
No.35	부산 문현동 힐 타운	Shear Wall	113.85	33	42	141.3	2.8
No.36	분당 현대 I-SPACE	Outrigger	113.5	35	25	80.2	2.9
No.37	분당 PARK View	Outrigger	114.65	34	25	64.31	3.05
No.38	중동 롯데 낙천대	Shear Wall	94.8	34	40	225.1	2.8
No.39	잠실4단지 재개발 APT	Shear Wall	87.24	32	30	68.1	2.82
No.40	재송동 대림 e-편한세상	Shear Wall	89.4	31	40	161.6	2.8
No.41	대구 남산동 주상복합	Shear Wall	96	31	25	90.5	2.7
No.42	서면 Complex	Outrigger	193.74	58	40	444	3.03
No.43	the # Star City	RC Core+Frame	195	58	30	230.6	3.4
No.44	센텀스타	Outrigger	209.8	60	40	415	3
No.45	타워팰리스1	Outrigger	226.7	66	35	480.9	3.2
No.46	목동하이퍼리온1	Outrigger	254	69	35	433	3.2
No.47	Tower Palace-3	Outrigger	261.2	62	30	480	3.2

사례들의 속성들은 수평하중 저항시스템의 결정에 변수가 될 수 있는 것들로써 지상높이, 지상층수, 설계기본풍속, 최대 수평변위와 기준층 층고 등을 조사하였다.



그림 3.4 아웃리거 시스템 적용 사례건물(모멘트 골조)

그림 3.4는 모멘트 골조 시스템에 수평변위 제어를 위해 아웃리거 시스템을 적용한 사례들 중 일부 건물들이다. 좌측상단에서부터 시계방향으로 센텀 시티, 목동 트라펠리스, 분당 현대 I-SPACE, 여의도 트럼프월드2, 한화 마포 주상복합, 타워팰리스1, 잠실 갤러리아 팰리스, 온천장 SK HUB SKY의 조감도이다.

온천장 SK HUB SKY의 경우 횡력 저항 및 수직하중 저항에 우수한 RC Core & 모멘트골조 시스템을 적용하였고, 수평변위를 제어하기 위해 19층에 아웃리거와 벨트 월을 사용하였다.

그림 3.5는 전단벽 시스템을 이용한 건물 중 아웃리거층을 둔 사례 건물들으로써, 센텀 파크와 분당 PARK View, 오륙도 SK View 의 조감도를 나타낸 것이다.



그림 3.5 아웃리거 시스템 적용 사례건물(전단벽)

센텀 파크의 경우 일부 동에는 건물의 중간부에 한 개의 층에 아웃리거 및 벨트 월을 설치하였고, 50층이 넘는 동에는 건물의 상부와 중간부에 아웃리거 층을 두 곳에 설치하였다.



그림 3.6 전단벽 시스템 적용 사례건물

그림 3.6은 전단벽 구조시스템을 적용한 사례건물들 중 일부 건물들의 조감도를 나타낸 것이다. 건물명은 좌측상단에서부터 시계방향으로 재송동 대림 e-편한세상, 범천동 IAAN 아파트, 우동 트럼프월드 마린, 부천 상동 주상복합건

물, 하버빌 아파트, 다대수협 주상복합건물, 부산 문현동 힐 타운이다.

우동 트럼프월드 마린의 경우 계획단계에서 아웃리저를 적용하는 것이 변위 제어에 효과적인 것으로 나타났으나, 콘크리트 강도를 큰 재료를 사용함으로써 전단벽 시스템을 사용하였다.



그림 3.7 RC Core & 모멘트 골조 시스템 적용 사례건물

그림 3.7에 나타난 건물들은 RC Core & 모멘트 골조 시스템을 적용한 타워 베르빌, 롯데 마포 빌딩, 우신 골든 스위트, 서초동 ACROVISTA의 조감도이다.

타워 베르빌은 CFT(Concrete Filled Tube)기둥을 사용하여 RC Core & 모멘트 골조 시스템을 적용한 사례이다.

#### 가. 지상높이별 구조시스템

국내 초고층 건물 사례 47개를 토대로 하여 구조시스템과 건물높이와의 관계를 분석하기 위하여 높이 200m를 기준으로 분류하였다. 그림 3.8과 같이 200m 이하에서는 전단벽 시스템을 적용한 사례는 19개이고, 아웃리저 시스템이 15개, 그리고 RC Core & 모멘트 골조 시스템이 9개의 건물에 적용되었다. 200m를 넘는 4개의 건물사례들은 모두 아웃리저 시스템을 적용하였다.

200m이하의 건물들은 주로 APT건물이 많기 때문에 시공의 편의성과 층고를 낮추어 많은 층을 확보하기 위해 전단벽식 구조시스템을 많이 적용하였으며, 200m가 넘는 건물은 수평하중에 대한 저항성을 키우기 위하여 아웃리저 시스

템을 적용하였다.

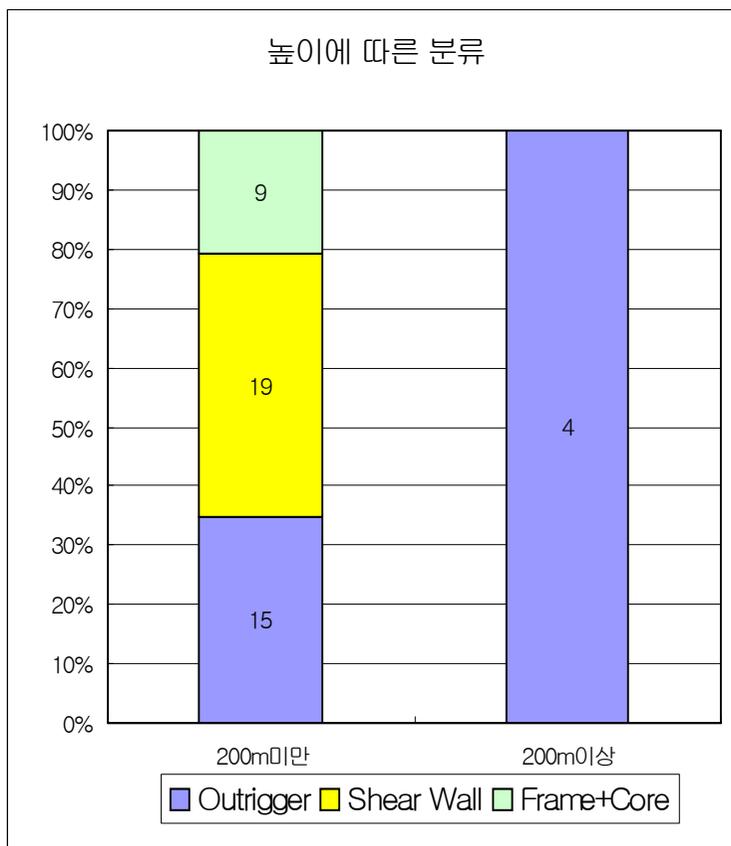


그림 3.8 높이별 구조시스템 현황

#### 나. 최대 수평변위별 구조시스템

초고층 건물의 최상층 최대 수평변위를 바탕으로 구조시스템과의 관계를 분석하기 위하여 최대수평변위를 200mm 이하, 200mm~400mm, 400mm 이상으로 3가지로 분류하였다.

그림 3.9과 같이 200mm 이하에서는 아웃리저 시스템과 전단벽 시스템이 7개씩 사용되었으며, RC Core & 모멘트 골조 시스템은 1개의 건물에만 적용되었다. 200mm~400mm에서는 전단벽 시스템이 12개의 건물에 적용되었으며, RC

Core & 모멘트 골조 시스템과 아웃리저 시스템은 각각 8개, 5개의 건물에 적용된 것을 확인하였다. 또한 400mm 이상의 수평 최대변위가 일어난 건물에서는 모두 아웃리저 시스템을 적용하였다.

수평변위를 제어하기 위해 아웃리저 시스템을 적용하였음에도 불구하고 400mm이상의 변위를 발생하는 것은 건물의 높이가 170m가 넘는 건물들로써 지상높이에 대한 최대수평 변위비는 다른 건물들과 유사한 값을 가진다.

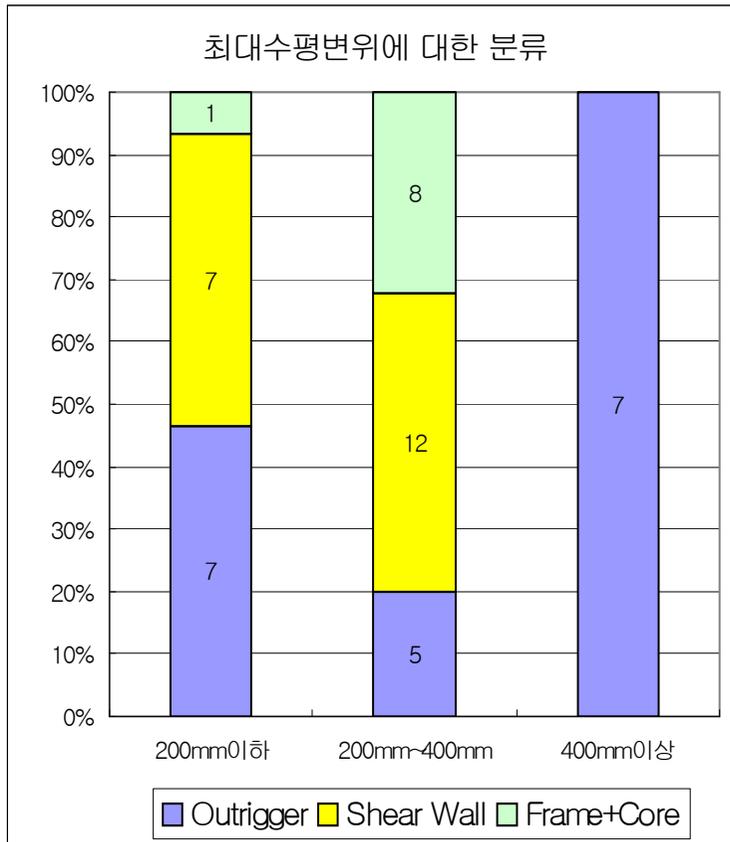


그림 3.9 최대 수평변위별 구조시스템 현황

#### 다. 설계풍속별 구조시스템

설계풍속을 기준으로 구조시스템을 분류하였을 때는 내륙지역과 해안지역으

로 구분하여 기준을 40m/s로 하였다. 그림 3.10과 같이 설계풍속이 40m/s 미만인 내륙지역에서는 아웃리저 시스템이 13개의 건물에 적용되었으며, 전단벽 시스템과 RC Core & 모멘트 골조 시스템은 각각 6개의 건물에 적용되었다. 반면 설계풍속이 40m/s이상의 해안지역에서는 전단벽 시스템이 가장 많은 13개의 건물에 적용되었으며, 아웃리저 시스템과 RC Core & 모멘트 골조 시스템이 각각 6개와 3개의 건물에 적용되었다.

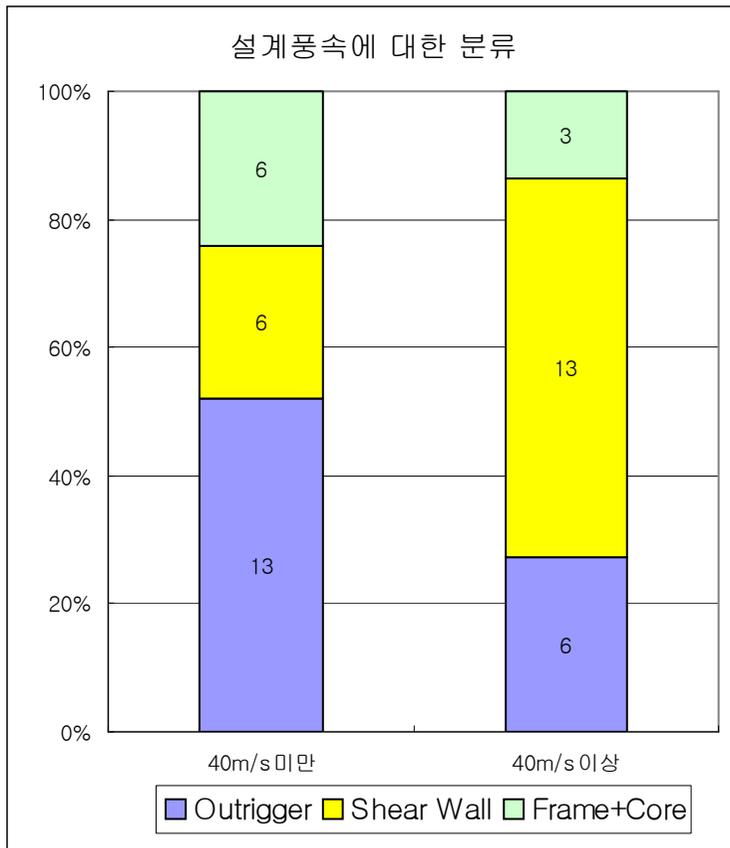


그림 3.10 설계풍속별 구조시스템 현황

내륙지방의 25개의 사례 중 아웃리저 시스템을 적용한 건물이 많은 이유는 지상높이가 상대적으로 높은 건물들을 많이 포함하고 있기 때문이다. 반면, 해

안지역의 사례들에서 전단벽 시스템을 많이 적용된 것은 주로 부산지역의 초고층 건물들은 주거용의 APT 건물들이 많기 때문이다.

라. 기준층 층고별 구조시스템

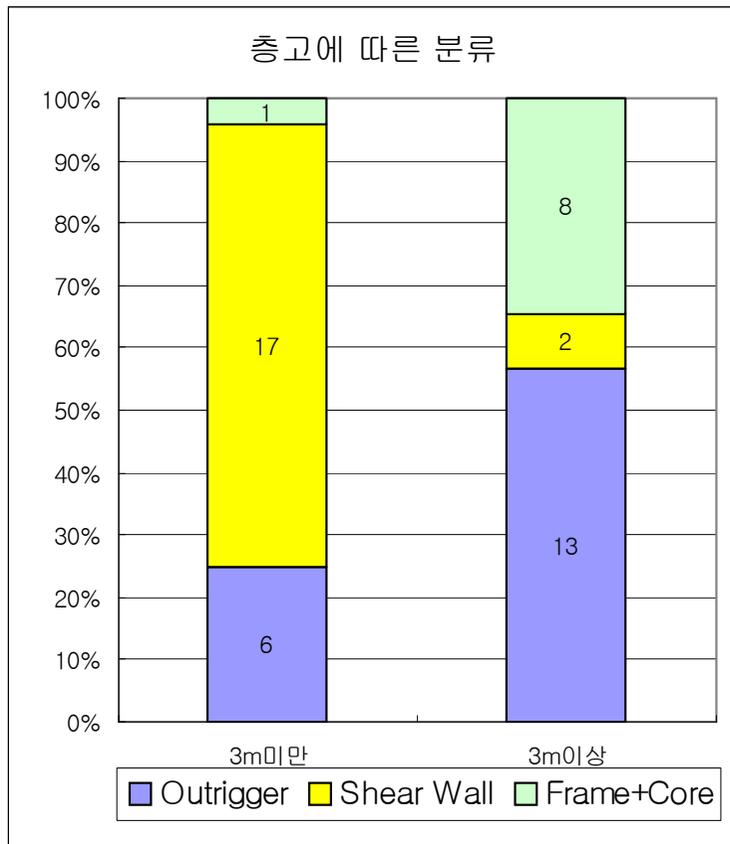


그림 3.11 기준층 층고별 구조시스템 현황

기준층 층고별로 구조 시스템을 분류하면 주로 아파트에 적용되는 3m미만의 층고를 기준으로 하는 건물에서는 그림 3.11과 같이 전단벽 시스템이 17개의 건물에 적용되어 가장 큰 비중을 차지하였고, 아웃리거 시스템과 RC Core & 모멘트 골조 시스템이 각각 6개, 1개의 건물에 적용되었음을 알 수 있다. 반면

3m 이상의 층고를 가진 건물의 구조 시스템을 분석해보면, 아웃리거 시스템이 13개의 건물에 적용되었으며, RC Core & 모멘트 골조 시스템이 8개의 건물에, 전단벽 시스템은 2개의 건물에 적용되었다.

3m미만의 층고를 가지는 건물 사례들은 대체로 부산에 위치한 APT 건물들이 많은 비중을 차지하고 있기 때문에 전단벽 시스템의 비율이 크다. 반면 기준층 층고가 3m이상인 건물들은 주로 서울에 위치한 130m이상의 지상높이를 가진 건물들이 많은 비중을 차지하고 있다.

### 3.2.3 웹기반 사례 데이터(Case Data) 구축

The screenshot shows a web browser window displaying a database of skyscrapers. The page title is '초고층 건물 웹기반 통합구조 설계시스템' (High-rise Building Web-based Integrated Structural Design System). The main content area contains a table with the following data:

32	The # 셉템 파크	Hybrid	53	157.1	[보기]	[삭제]
33	분당 현대 I-SPACE	Core and Outrigger	35	113.5	[보기]	[삭제]
34	타워 베르빌	Braced Frame	43	145.7	[보기]	[삭제]
35	분당 PARK View	Hybrid	34	114.65	[보기]	[삭제]
36	잠실 갤러리아 플라자	Core and Outrigger	46	149.5	[보기]	[삭제]
37	한화 마포 주상복합	Core and Outrigger	43	109.4	[보기]	[삭제]
38	혼천궁 SK HUB SKY	Core and Outrigger	49	176.6	[보기]	[삭제]
39	우신 골든 스위트	Braced Frame	37	140.24	[보기]	[삭제]
40	해운대 비치 베르빌	Shear Wall	34	110.75	[보기]	[삭제]
41	상동 주상복합	Shear Wall	37	136.9	[보기]	[삭제]
42	해운대 우동 트럼프월드 마린	Shear Wall	42	131.4	[보기]	[삭제]
43	드림월드2 주상복합	Shear Wall	42	120.8	[보기]	[삭제]
44	더익도 트럼프월드2	Core and Outrigger	36	120.7	[보기]	[삭제]
45	대우 트럼프월드1	Core and Outrigger	41	133	[보기]	[삭제]
46	문현동 빌 타운	Shear Wall	33	113.95	[보기]	[삭제]
47	타워 갤럭시 1	Core and Outrigger	66	226.7	[보기]	[삭제]
48	The # Star City	Braced Frame	58	195	[보기]	[삭제]
49	오륙도 SK View	Hybrid	47	146.2	[보기]	[삭제]
50	서초동 ACROVISTA	Braced Frame	37	119.63	[보기]	[삭제]
51	범천동 IAN 더포인트	Shear Wall	35	107.2	[보기]	[삭제]
52	재송동 마템 e-편한세상	Shear Wall	31	89.4	[보기]	[삭제]
53	디대수협주상복합	Shear Wall	37	114.9	[보기]	[삭제]
54	중동 롯데 낙전대	Shear Wall	34	94.8	[보기]	[삭제]

그림 3.12 사례들의 Data Base 구축

47개의 사례를 Case Data Base를 구축하기 위해서 한국해양대학교에서 개설한 홈페이지(<http://sky.hhu.ac.kr/>)를 통해 사례 데이터를 구축하였다. 그림 3.12은 구조시스템 선정을 위한 사례 데이터를 구축한 화면이다. 구조시스템을 기준으로 색인화하여 데이터를 구축하였으며, 상세정보를 통해 각각의 사례들이 가지는 속성값들을 확인할 수 있다.

### 3.4 귀납적 조회기법

구조시스템을 선정하기 위해서 본 논문에서는 검색의 목표가 구조시스템의 선정이라는 명확한 값을 가지고 있기 때문에 사례기반추론기법 중 귀납적 조회기법을 사용하였다. 알고리즘의 작성에서 결정마디의 결정은 사례들을 구조시스템별로 명확하게 분류할 수 있는 속성들을 우선순위로 하였다.

#### 3.4.1 해안지역의 알고리즘 개발

설계기본풍속이 40m/s 이상인 해안지역은 국내에서 동해에 위치한 해안가 도시와 부산, 군산, 장항, 미성, 그리고 제주도와 울릉도등이 있다. 기본풍속이 강하다는 것은 풍하중에 의한 초고층 건물의 수평변위가 크게 나타나는 것을 나타낸다. 이러한 지역은 타지역보다 초고층 건물을 계획시에는 경제성이나, 수직하중 저항 시스템보다 수평하중 저항 구조시스템의 선정이 중요시된다. 현재 설계기본풍속이 40m/s이상인 지역의 초고층 건물은 주로 부산과 같은 대도시에 집중되어 있다.

22개의 사례들중에 전단벽시스템을 적용한 건물이 13개로 가장 많으며, 아웃리저 시스템을 적용한 건물 사례가 6개, RC Core & 모멘트 골조 시스템을 적용한 사례는 3개이다. 아웃리저 시스템을 적용한 6개의 사례는 속성의 값들이 많은 차이를 나타내었기 때문에 시스템선정을 위한 결정마디를 각각 거치게 되는 반면, 속성값들이 비슷한 전단벽 시스템의 사례들은 같은 결정마디를 통하여 시스템이 선정된다.

그림 3.13의 알고리즘은 풍속 40m/s이상의 해안지역에 있는 초고층 건물은 표 3.3과 같이 22개의 사례를 바탕으로 하여 작성되었으며, 결정마디로는 최대 수평변위, 지상높이, 기준층 층고 등으로 구분하여 5단계를 거쳐 구조시스템을 선정할 수 있도록 하였다. 결정마디로 사용되는 속성들의 개수가 제한되어 있기 때문에 반복 사용하는 결정마디가 있지만, 그 변수의 값을 다르게 제시하여, 똑같은 과정을 거치지 않게 하였다.

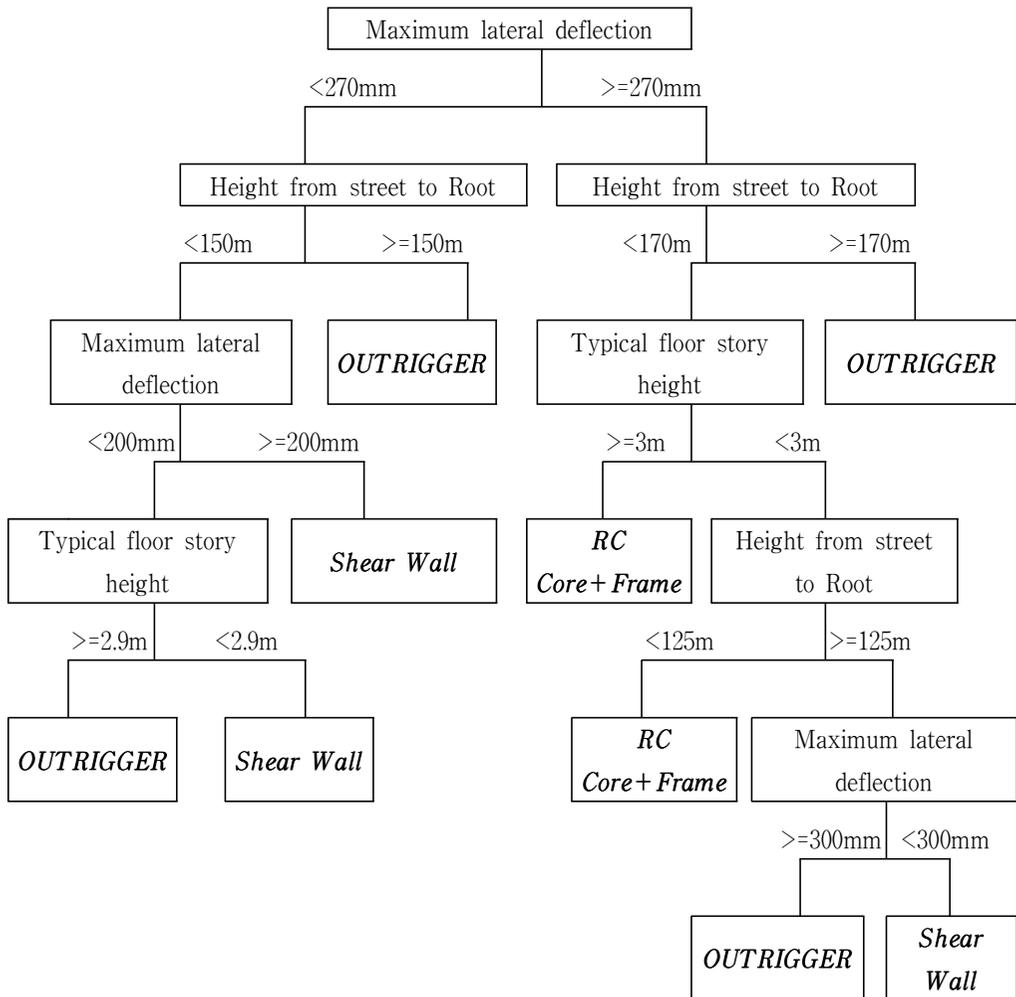


그림 3.12 귀납적 조회기법에 의한 알고리즘(해안지역)

표 3.3 해안지역의 초고층 건물 사례

건물명	구조시스템	지상높이 (m)	층수 (F)	설계기본 풍속 (m/s)	최대수평 변위 (mm)	기준층 층고 (m)
우동 트럼프월드 마린	Shear Wall	131.4	42	40	263.4	3
부산 우동 주상복합	Shear Wall	126	42	40	287	2.8
양정 스카이 재건축 APT	Shear Wall	119.7	43	40	219.3	2.8
타워베르빌	RC Core+Frame	145.7	43	40	270	3.2
오륙도 SK View	Outrigger	146.2	47	40	322.4	2.9
쌍용 스위트 닷컴	Shear Wall	144.55	40	40	257	2.9
부산 HEIGHTS Xi	RC Core+Frame	120.8	38	40	277	2.7
우신 골든스위트	RC Core+Frame	140.24	37	40	305.9	3.2
하버빌 아파트	Shear Wall	122.45	37	40	243	2.8
민락동 아이원 플러스	Outrigger	113.9	39	40	184.4	2.9
다대수협주상복합	Shear Wall	114.9	37	40	215.4	2.8
THE # 센텀파크	Outrigger	157.1	53	40	248	2.9
롯데 캐슬 스카이	Shear Wall	100.1	38	40	251	2.8
해운대 비치 베르빌	Shear Wall	110.75	34	40	143.4	2.75
범천동 IAAN 아파트	Shear Wall	107.2	35	40	223.6	2.8
HUB SKY	Outrigger	176.6	49	40	411	3.2
연산동 주상복합	Shear Wall	102	35	40	177.9	2.7
부산 문현동 힐 타운	Shear Wall	113.85	33	42	141.3	2.8
중동 롯데 낙천대	Shear Wall	94.8	34	40	225.1	2.8
재송동 대림 e-편한세상	Shear Wall	89.4	31	40	161.6	2.8
서면 Complex	Outrigger	193.74	58	40	444	3.03
센텀스타	Outrigger	209.8	60	40	415	3

22개의 사례에서 첫 번째 결정마디인 최대 수평변위에 따른 분류를 하면 표 3.4와 같이 나타난다. 그림 3.13의 좌측(최대 수평변위 270mm미만)의 14개의 사례들은 표 3.5~표 3.7와 같이 최대 수평변위, 지상높이, 층고등의 결정마디를 거쳐 구조시스템이 선정된다. 이 때 적용되는 결정마디의 변위들은 구조시스템을 분류할 수 있는 값들을 적용하여 최단경로를 통해 구조시스템을 선정하도록 한다.

표 3.4 1번 결정마디(최대수평변위(270mm))에 따른 분류

변위가 270mm미만인 사례			변위가 270mm이상인 사례		
건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)	건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)
우동 트럼프월드 마린	Shear Wall	263.4	부산 우동 주상복합	Shear Wall	287
양정 스카이 재건축 APT	Shear Wall	219.3			
쌍용 스윗 닷컴	Shear Wall	257	타워베르빌	RC Core+Frame	270
하버빌 아파트	Shear Wall	243			
민락동 아이원 플러스	Outrigger	184.4	오륙도 SK View	Outrigger	322.4
다대수협주상복합	Shear Wall	215.4	부산 HEIGHTS Xi	RC Core+Frame	277
THE # 센텀파크	Outrigger	248			
롯데 캐슬 스카이	Shear Wall	251	우신	RC	305.9
해운대 비치 베르빌	Shear Wall	143.4	골든 스위트	Core+Frame	
범천동 IAN 아파트	Shear Wall	223.6	HUB SKY	Outrigger	411
연산동 주상복합	Shear Wall	177.9	서면 Complex	Outrigger	444
부산 문현동 힐 타운	Shear Wall	141.3			
중동 롯데 낙천대	Shear Wall	225.1	센텀스타	Outrigger	415
재송동 대림 e-편한세상	Shear Wall	161.6			

표 3.5 2번 결정마디(지상높이(150m))에 따른 분류

높이가 150m미만인 사례			높이가 150m이상인 사례		
건물명	구조시스템	지상높이 (m)	건물명	구조시스템	지상높이 (m)
우동 트럼프월드 마린	Shear Wall	131.4	THE # 센텀파크	Outrigger	157.1
양정 스카이 재건축 APT	Shear Wall	119.7			
쌍용 스윗 닷컴	Shear Wall	144.55			
하버빌 아파트	Shear Wall	122.45			
민락동 아이원 플러스	Outrigger	113.9			
다대수협주상복합	Shear Wall	114.9			
롯데 캐슬 스카이	Shear Wall	100.1			
해운대 비치 베르빌	Shear Wall	110.75			
범천동 IAN 아파트	Shear Wall	107.2			
연산동 주상복합	Shear Wall	102			
부산 문현동 힐 타운	Shear Wall	113.85			
중동 롯데 낙천대	Shear Wall	94.8			
재송동 대림 e-편한세상	Shear Wall	89.4			

표 3.6 3번 결정마디(최대수평변위(200mm))에 따른 분류

변위가 200mm미만인 사례			변위가 200mm이상인 사례		
건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)	건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)
민락동 아이원 플러스	Outrigger	184.4	우동 트럼프월드 마린	Shear Wall	263.4
해운대 비치 베르빌	Shear Wall	143.4	양정 스카이 재건축 APT	Shear Wall	219.3
연산동 주상복합	Shear Wall	177.9	쌍용 스위트 닷컴	Shear Wall	257
부산 문현동 힐 타운	Shear Wall	141.3	하버빌 아파트	Shear Wall	243
재송동 대림 e-편한세상	Shear Wall	161.6	다대수협주상복합	Shear Wall	215.4
			롯데 캐슬 스카이	Shear Wall	251
			범천동 IAAN 아파트	Shear Wall	223.6
			중동 롯데 낙천대	Shear Wall	225.1

표 3.7 4번 결정마디(기준층 총고(2.9m))에 따른 분류

총고가 2.9m이상인 사례			총고가 2.9m미만인 사례		
건물명	구조시스템	기준층 총고 (m)	건물명	구조시스템	기준층 총고 (m)
민락동 아이원 플러스	Outrigger	2.9	해운대 비치 베르빌	Shear Wall	2.75
			연산동 주상복합	Shear Wall	2.7
			부산 문현동 힐 타운	Shear Wall	2.8
			재송동 대림 e-편한세상	Shear Wall	2.8

그림 3.13의 우측(최대 수평변위 270mm이상)에 있는 8개의 사례들은 부산에 위치한 사례들 중 건물의 높이가 상대적으로 높기 때문에 수평변위가 크게 나타난다. 이 사례들은 표 3.8 ~ 표 3.11에 나타난 것과 같이 높이, 층고, 최대수평변위등의 결정마디를 걸쳐 구조시스템이 선정되도록 알고리즘을 개발하였다.

표 3.8 2번 결정마디(지상높이(170m))에 따른 분류

높이가 170m미만인 사례			높이가 170m이상인 사례		
건물명	구조시스템	지상높이 (m)	건물명	구조시스템	지상높이 (m)
부산 우동 주상복합	Shear Wall	126	HUB SKY	Outrigger	176.6
타워베르빌	RC Core+Frame	145.7			
오륙도 SK View	Outrigger	146.2	서면 Complex	Outrigger	193.74
부산 HEIGHTS Xi	RC Core+Frame	120.8			
우신 골든스위트	RC Core+Frame	140.24	센텀스타	Outrigger	209.8

표 3.9 3번 결정마디(기준층 층고(3m))에 따른 분류

층고가 3m미만인 사례			층고가 3m이상인 사례		
건물명	구조시스템	기준층 층고 (m)	건물명	구조시스템	기준층 층고 (m)
부산 우동 주상복합	Shear Wall	2.8	타워베르빌	RC Core+Frame	3.2
오륙도 SK View	Outrigger	2.9			
부산 HEIGHTS Xi	RC Core+Frame	2.7	우신 골든스위트	RC Core+Frame	3.2

표 3.10 4번 결정마디(지상높이(125m))에 따른 분류

높이가 125m이상인 사례			높이가 125m미만인 사례		
건물명	구조시스템	지상높이 (m)	건물명	구조시스템	지상높이 (m)
부산 우동 주상복합	Shear Wall	126	부산 HEIGHTS Xi	RC Core+Frame	120.8
오륙도 SK View	Outrigger	146.2			

표 3.11 5번 결정마디(최대수평변위(300mm))에 따른 분류

변위가 300mm이상인 사례			변위가 300mm미만인 사례		
건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)	건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)
오륙도 SK View	Outrigger	322.4	부산 우동 주상복합	Shear Wall	287

### 3.4.2 내륙지역의 알고리즘 개발

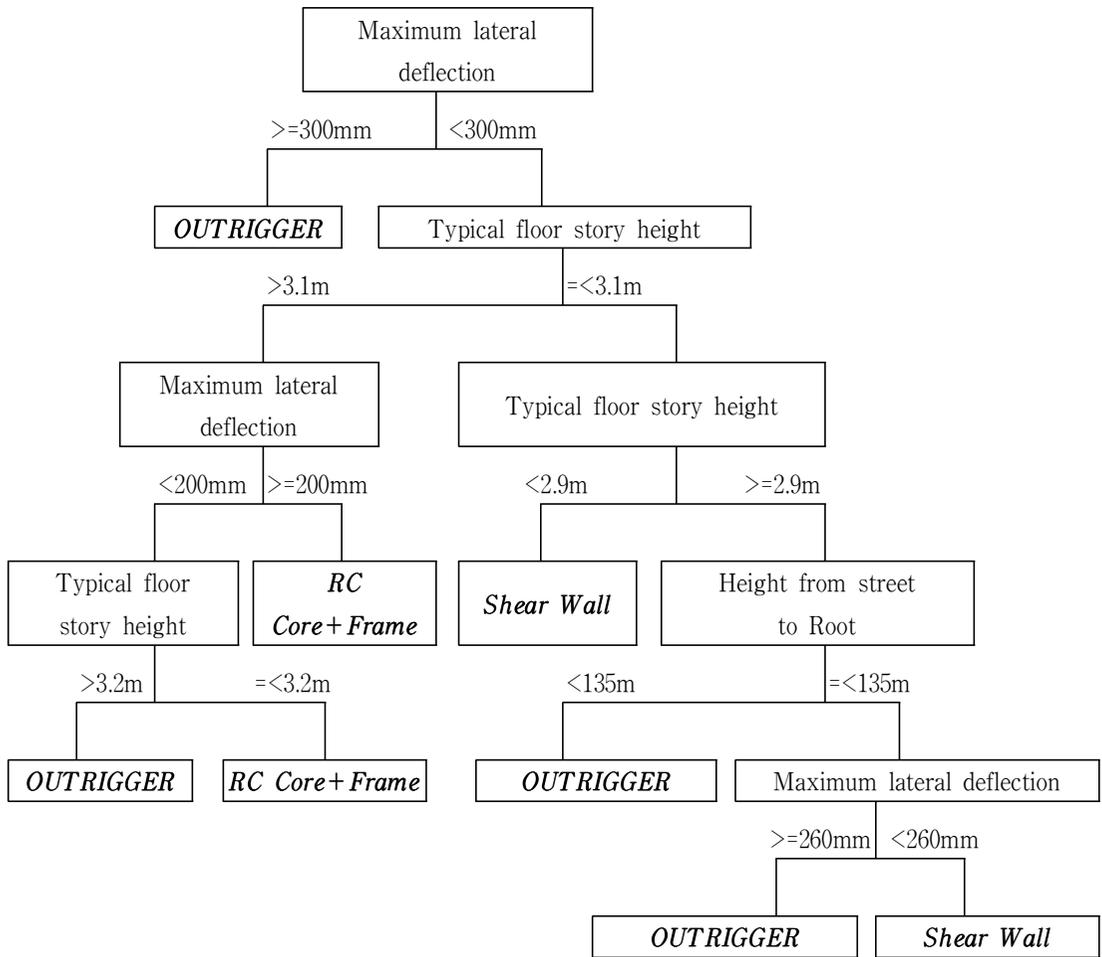


그림 3.14 귀납적 조회기법에 의한 알고리즘(내륙지역)

표 3.12 내륙지역의 초고층 건물 사례

건물명	구조시스템	지상 높이 (m)	층수 (F)	설계기본 풍속 (m/s)	최대수평 변위 (mm)	기준층 층고 (m)
대우 트럼프월드1	Outrigger	133	41	35	196	3
여의도 트럼프월드2	Outrigger	120.7	36	35	189	3.1
성남동 주상복합	Outrigger	165	47	35	312	3.2
잠실 갤러리아 팰리스	Outrigger	149.5	46	30	266.8	2.95
아카데미스위트	Outrigger	167	51	35	340	3.15
분당트리플리스	RC Core+Frame	127.05	37	30	257	3.15
한화 마포 주상복합	Outrigger	109.4	43	30	160.6	2.9
부천 상동 주상복합	Shear Wall	136.9	37	30	255.9	3
용산 한강로 주상복합	RC Core+Frame	126.2	37	30	209	3.2
롯데마포빌딩	RC Core+Frame	152.3	40	30	263.4	3.2
서초동 ACROVISTA	RC Core+Frame	119.63	37	30	206.6	3.15
수원영동	Shear Wall	142	36	30	230	2.8
대구 드림월드2 주상복합	Shear Wall	120.8	42	25	161.3	2.8
여의도 Park Suite	Outrigger	119.8	34	30	174.2	3.4
침산동 대우 우방 주상복합	Shear Wall	117.3	40	25	201.3	2.8
서울 황학동 주상복합	RC Core+Frame	116.2	33	30	180	3.2
목동 트라펠리스	Outrigger	171.2	49	30	414	3.2
분당 현대 I-SPACE	Outrigger	113.5	35	25	80.2	2.9
분당 PARK View	Outrigger	114.65	34	25	64.31	3.05
잠실4단지 재개발 APT	Shear Wall	87.24	32	30	68.1	2.82
대구 남산동 주상복합	Shear Wall	96	31	25	90.5	2.7
the # Star City	RC Core+Frame	195	58	30	230.6	3.4
타워팰리스1	Outrigger	226.7	66	35	480.9	3.2
목동하이퍼리온1	Outrigger	254	69	35	433	3.2
Tower Palace-3	Outrigger	261.2	62	30	480	3.2

설계 기본풍속이 40m/s 이하인 내륙지역에 있는 서울을 비롯한 주요도시들에

위치한 표 3.12의 초고층 건물 25개 사례를 기반으로 알고리즘을 개발하였다. 대체적인 설계 기본풍속은 25m/s~35m/s의 풍속이며, 풍하중에 의한 수평변위가 40m/s이상의 지역에 있는 초고층 건물의 높이에 비해 상대적으로 적게 나타난다.

표 3.13 1번 결정마디(최대수평변위(300mm))에 따른 분류

변위가 300mm이상인 사례			변위가 300mm미만인 사례		
건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)	건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)
성남동 주상복합	Outrigger	312	대우 트럼프월드1	Outrigger	196
			여의도 트럼프월드2	Outrigger	189
			잠실 갤러리아 팰리스	Outrigger	266.8
아카데미스위트	Outrigger	340	분당트리폴리스	RC Core+Frame	257
			한화 마포 주상복합	Outrigger	160.6
			부천 상동 주상복합	Shear Wall	255.9
목동 트라펠리스	Outrigger	414	용산 한강로 주상복합	RC Core+Frame	209
			롯데마포빌딩	RC Core+Frame	263.4
			서초동 ACROVISTA	RC Core+Frame	206.6
타워팰리스1	Outrigger	480.9	수원영동	Shear Wall	230
			대구 드림월드2 주상복합	Shear Wall	161.3
			여의도 Park Suite	Outrigger	174.2
목동하이페리온1	Outrigger	433	침산동 우방 주상복합	Shear Wall	201.3
			서울 황학동 주상복합	RC Core+Frame	180
			분당 현대 I-SPACE	Outrigger	80.2
Tower Palace-3	Outrigger	480	분당 PARK View	Outrigger	64.31
			잠실4단지 재개발 APT	Shear Wall	68.1
			대구 남산동 주상복합	Shear Wall	90.5
			the # Star City	RC Core+Frame	230.6

25개의 사례들 중에 아웃리거 시스템을 적용한 건물은 13개, RC Core & 모멘트 골조 시스템을 적용한 건물이 6개, 전단벽 시스템을 적용한 건물이 6개이다. 이 사례들은 첫 번째 결정마디인 최대수평변위(300mm)를 통해 표 3.13과 같이 분류하였다. 이 때 300mm이상의 최대수평변위를 가지는 6개의 건물은 모두 아웃리거 시스템을 적용한 사례들이었으며, 나머지 19개의 사례는 다른 구조시스템을 적용했다. 이 나머지 19개의 사례들도 결정마디를 통해 적용한 구조시스템으로 이동한다. 그 과정은 표 3.14 ~ 표 3.19에 나타난 층고, 최대수평변위, 높이의 결정마디를 통해 나타난다.

표 3.14 2번 결정마디(기준층 층고(3.1m))에 따른 분류

층고가 3.1m초과인 사례			층고가 3.1m이하인 사례		
건물명	구조시스템	기준층 층고 (m)	건물명	구조시스템	기준층 층고 (m)
분당트리폴리스	RC Core+Frame	3.15	대구 트럼프월드1	Outrigger	3
			여의도 트럼프월드2	Outrigger	3.1
용산 한강로 주상복합	RC Core+Frame	3.2	잠실 갤러리아 팰리스	Outrigger	2.95
			한화 마포 주상복합	Outrigger	2.9
롯데마포빌딩	RC Core+Frame	3.2	부천 상동 주상복합	Shear Wall	3
			수원영동	Shear Wall	2.8
서초동 ACROVISTA	RC Core+Frame	3.15	대구 드림월드2 주상복합	Shear Wall	2.8
여의도 Park Suite	Outrigger	3.4	침산동 대우 우방 주상복합	Shear Wall	2.8
서울 황학동 주상복합	RC Core+Frame	3.2	분당 현대 I-SPACE	Outrigger	2.9
			분당 PARK View	Outrigger	3.05
the # Star City	RC Core+Frame	3.4	잠실4단지 재개발 APT	Shear Wall	2.82
			대구 남산동 주상복합	Shear Wall	2.7

두 번째 결정마디를 거치면서 RC Core & 모멘트 골조 시스템의 건물들이 3.1m를 초과하는 사례들로 분류되었다. 3.1m의 층고를 초과하는 건물들 중 아

아웃리저 시스템을 적용한 여의도 Park Suite가 포함되어 있기 때문에 다른 결정마디를 통하여 분류하여야한다. 최대수평변위의 값 200mm를 결정마디의 변수로 하면 표 3.15와 같이 분류되며, 표 3.16과 같이 건물의 높이를 결정마디로 하여 여의도 Park Suite를 분류하였다.

표 3.15 3번 결정마디(최대수평변위(200mm))에 따른 분류

변위가 200mm미만인 사례			변위가 200mm이상인 사례		
건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)	건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)
여의도 Park Suite	Outrigger	174.2	분당트리폴리스	RC Core+Frame	257
			용산 한강로 주상복합	RC Core+Frame	209
서울 황학동 주상복합	RC Core +Frame	180	롯데마포빌딩	RC Core+Frame	263.4
			서초동 ACROVISTA	RC Core+Frame	206.6
			the # Star City	RC Core+Frame	230.6

표 3.16 4번 결정마디(지상높이(118m))에 따른 분류

높이가 118m이상인 사례			높이가 118m미만인 사례		
건물명	구조시스템	지상높이 (m)	건물명	구조시스템	지상높이 (m)
여의도 Park Suite	Outrigger	119.8	서울 황학동 주상복합	RC Core+Frame	116.2

표 3.14에서 우측에 나타난 12개의 사례들은 표 3.17 ~ 표 3.19의 층고, 높이, 최대수평변위등과 같은 결정마디 3단계를 통해 아웃리저 시스템과 전단벽 시스템으로 결정된다.

표 3.17 3번 결정마디(기준층 층고(2.9m))에 따른 분류

층고가 2.9m미만인 사례			층고가 2.9m이상인 사례		
건물명	구조시스템	기준층 층고 (m)	건물명	구조시스템	기준층 층고 (m)
수원영동	Shear Wall	2.8	대구 트럼프월드1	Outrigger	3
대구 드림월드2 주상복합	Shear Wall	2.8	여의도 트럼프월드2	Outrigger	3.1
침산동 대구 우방 주상복합	Shear Wall	2.8	잠실 갤러리아 팰리스	Outrigger	2.95
잠실4단지 재개발 APT	Shear Wall	2.82	한화 마포 주상복합	Outrigger	2.9
대구 남산동 주상복합	Shear Wall	2.7	부천 상동 주상복합	Shear Wall	3
			분당 현대 I-SPACE	Outrigger	2.9
			분당 PARK View	Outrigger	3.05

표 3.18 4번 결정마디(지상높이(135m))에 따른 분류

높이가 135m미만인 사례			높이가 135m이상인 사례		
건물명	구조시스템	지상높이 (m)	건물명	구조시스템	지상높이 (m)
대구 트럼프월드1	Outrigger	133	잠실 갤러리아 팰리스	Outrigger	149.5
여의도 트럼프월드2	Outrigger	120.7	부천 상동 주상복합	Shear Wall	136.9
한화 마포 주상복합	Outrigger	109.4			
분당 현대 I-SPACE	Outrigger	113.5			
분당 PARK View	Outrigger	114.65			

표 3.19 5번 결정마디(최대수평변위(260mm))에 따른 분류

변위가 260mm이상인 사례			변위가 260mm미만인 사례		
건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)	건물명	구조시스템	최대수평 변위 (mm)
잠실 갤러리아 팰리스	Outrigger	266.8	부천 상동 주상복합	Shear Wall	255.9

### 3.5 최근린 조회기법

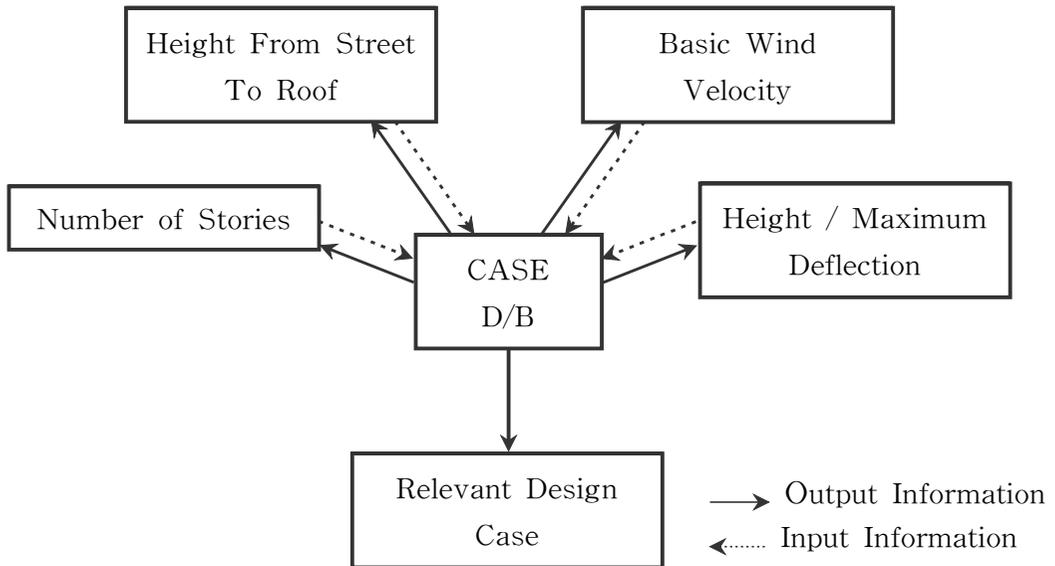


그림 3.15 Case Study 개념도

그림 3.15는 Case Study 개념도를 나타낸 그림이다. Case Study는 구조 엔지니어나 설계자가 기본설계 단계에서 설계하고자 하는 건물의 기본적인 정보를 이용하여 Case D/B를 통해 구조시스템 및 평면, 기타 설계정보를 포함한 가장 유사한 구조설계사례를 제공받게 된다. 유사 설계사례를 도출하기 위해서는 사례기반추론기법 중 최근린 조회기법을 사용하였다. 최근린 조회기법의 속성으로는 구조시스템, 건물용도, 설계가속도, 구조재료, 기준층 면적, 건물층수, 건물높이, 설계기본풍속, 건물높이, 최대수평변위 등을 적용할 수 있으며, 본 연구에서는 건물높이, 건물층수, 설계기본풍속, 높이에 대한 최대 수평변위비를 사용하였다. 속성의 수가 많을수록 더 유사한 값들을 가질 수 있으나, 빠른 시간내에 유사 설계 사례를 도출하지 못하는 단점이 있기 때문에 4개의 속성들만 이용하였다.

### 3.5.1 가중치에 따른 결과값의 비교

설계사례의 유사도와 유사 설계 사례값은 속성들의 가중치(Weight)에 따라 달라진다. 이에 대하여 4개의 속성들에 각각 다른 가중치를 주었을 때 유사설계 사례의 결과값이 어떻게 나타나는지 2개의 건물에 적용하여 확인하였다.

A건물은 부산시 동래구에 위치한 아파트로, 유사설계 사례도출에 필요한 속성들은 다음과 같다. 구조시스템은 전단벽 시스템을 사용하였으며, 지상층수는 40층, 최고높이 110.5m, 설계기본풍속은 40m/s이다. 최대수평변위는 173.8mm이며, 높이에 대한 변위비는 1/636이다.

표 3.20 가중치에 따른 유사사례결과 (A건물)

가중치	유사사례결과	
평균가중치	①	민락동 아이원 플러스(97.89%)
	②	다대 수협 주상복합(93.10%)
	③	양정 스카이 재건축 APT(92.51%)
높이 가중치=40% 나머지 속성 가중치=20%	①	민락동 아이원 플러스(97.70%)
	②	다대 수협 주상복합(93.69%)
	③	해운대 비치 베르빌(92.61%)
층수 가중치=40% 나머지 속성 가중치=20%	①	민락동 아이원 플러스(97.81%)
	②	다대 수협 주상복합(92.98%)
	③	양정 스카이 재건축 APT(92.50%)
설계풍속 가중치=40% 나머지 속성 가중치 =20%	①	민락동 아이원 플러스(98.31%)
	②	다대 수협 주상복합(94.48%)
	③	연산동 주상복합(94.00%)
변위/높이 가중치 =40% 나머지 속성 가중치 =20%	①	민락동 아이원 플러스(97.75%)
	②	여의도 트럼프월드2(93.48%)
	③	연산동 주상복합(92.03%)

4가지의 속성들에 각각의 가중치를 똑같이 25%로 주었을 때는 유사 설계 사례는 민락동 아이원 플러스, 다대 수협 주상복합, 양정 스카이 재건축 APT의 순으로 결과값이 도출되었다. 또한 각각의 속성에 가중치를 다르게 주어 유사 설계 사례는 표 3.20과 같이 나타났다.

모든 속성의 가중치를 동일하게 가정했을 때와 4가지 속성의 가중치에 변화를 주어 결과를 분석했을 때, 가장 유사한 건물은 같은 값을 도출하였고, 그 외의 유사한 건물들은 조금씩 다른 건물들이 도출되었다. 하지만 유사도의 차이에서 5%정도의 차이로 인해 순위에서 차이가 나타난 것이기 때문에 큰 차이는 없다.

다른 초고층 건물(B건물)은 천안에 계획 중에 있는 주상복합건물로서 지상 45층이며, 지상최고높이는 131.8m이다. 설계기본풍속은 35m/s, 최대수평변위는 190mm이며, 높이에 대한 변위비는 1/694로 나타났다. 아웃리거 시스템을 적용하여 계획하고 있는 건물이다.

B건물에서는 동일한 가중치를 주었을 때 대우 트럼프월드가 97.01%로 가장 유사한 설계 사례로 도출되었으며, 여의도 트럼프월드2, 한화 마포 주상복합건물 순으로 유사하다는 결과값을 나타내었다. 각각의 속성 가중치값을 다르게 하여 유사 설계 사례를 도출한 결과는 표 3.21과 같이 나타났다. 가장 유사한 건물의 결과는 같았고, 2번째 3번째 유사 설계 사례 건물에서는 값이 순위의 차이가 조금 나타났다. 높이의 가중치가 40%일 때 평균가중치에서 세 번째로 유사한 건물로 도출된 한화 마포 주상복합건물은 다섯 번째로 유사한 건물로 나타났다. 이 때 세 번째로 나타난 우동 트럼프월드 마린과의 유사도 차이는 0.97%이다. 또한 층수의 가중치가 40%일 때 세 번째로 유사한 사례로 나온 잠실 갤러리아 팰리스의 경우도 평균가중치에서 두 번째로 유사한 여의도 트럼프월드2와 불과 0.99%의 차이만 나고 있다. 이와 같이 유사도에서 큰 차이를 나타내는 것이 아니므로, B건물에서도 가중치에 따른 결과값은 큰 차이가 없다.

표 3.21 가중치에 따른 유사사례결과 (B건물)

가중치	유사사례결과	
평균가중치	①	대우 트럼프월드1(97.01%)
	②	여의도 트럼프월드2(90.91%)
	③	한화 마포 주상복합(90.62%)
높이 가중치=40% 나머지 속성 가중치=20%	①	대우 트럼프월드1(97.42%)
	②	여의도 트럼프월드2(91.04%)
	③	우동 트럼프월드 마린(90.07%)
층수 가중치=40% 나머지 속성 가중치=20%	①	대우 트럼프월드1(95.83%)
	②	한화 마포 주상복합(91.61%)
	③	잠실 갤러리아 팰리스(89.72%)
설계풍속 가중치=40% 나머지 속성 가중치 =20%	①	대우 트럼프월드1(97.06%)
	②	우동 트럼프월드 마린(92.19%)
	③	여의도 트럼프월드2(91.47%)
변위/높이 가중치 =40% 나머지 속성 가중치 =20%	①	대우 트럼프월드1(97.17%)
	②	한화 마포 주상복합(92.13%)
	③	여의도 트럼프월드2(91.14%)

두 개의 초고층 건물을 적용한 결과 가중치에 따른 유사 설계 사례의 결과값이 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

### 3.5.2 가중치에 따른 유사도의 비교

두 가지의 예제를 통하여 가중치에 따른 유사도의 변화에 대해 분석하였다. A건물에서는 그림 3-16과 같이 가장 유사한 건물 사례의 유사도에서 풍속에 가중치를 40%로 하였을 때 98.31%, 평균의 가중치를 부여하였을 때는 97.89%, 층수, 높이에 대한 변위비, 높이에 가중치를 각각 40%로 하였을 때 97.81%,

97.75%, 97.70%의 유사도를 나타내었다. 풍속에 대해 가중치의 변화에 가장 큰 유사도를 나타내는 것은 국내 지역의 설계기본풍속이 25m/s~40m/s의 값으로 일정하게 정해져있고, 초고층 건물이 대도시를 중심으로 집중되어 있기 때문에 같은 설계 기본풍속값을 가지기 때문이다. A건물의 경우 부산에 위치한 건물이기 때문에 설계기본풍속이 40m/s이기 때문에 유사 설계사례 또한 부산에 위치한 건물로 결과가 나왔다.

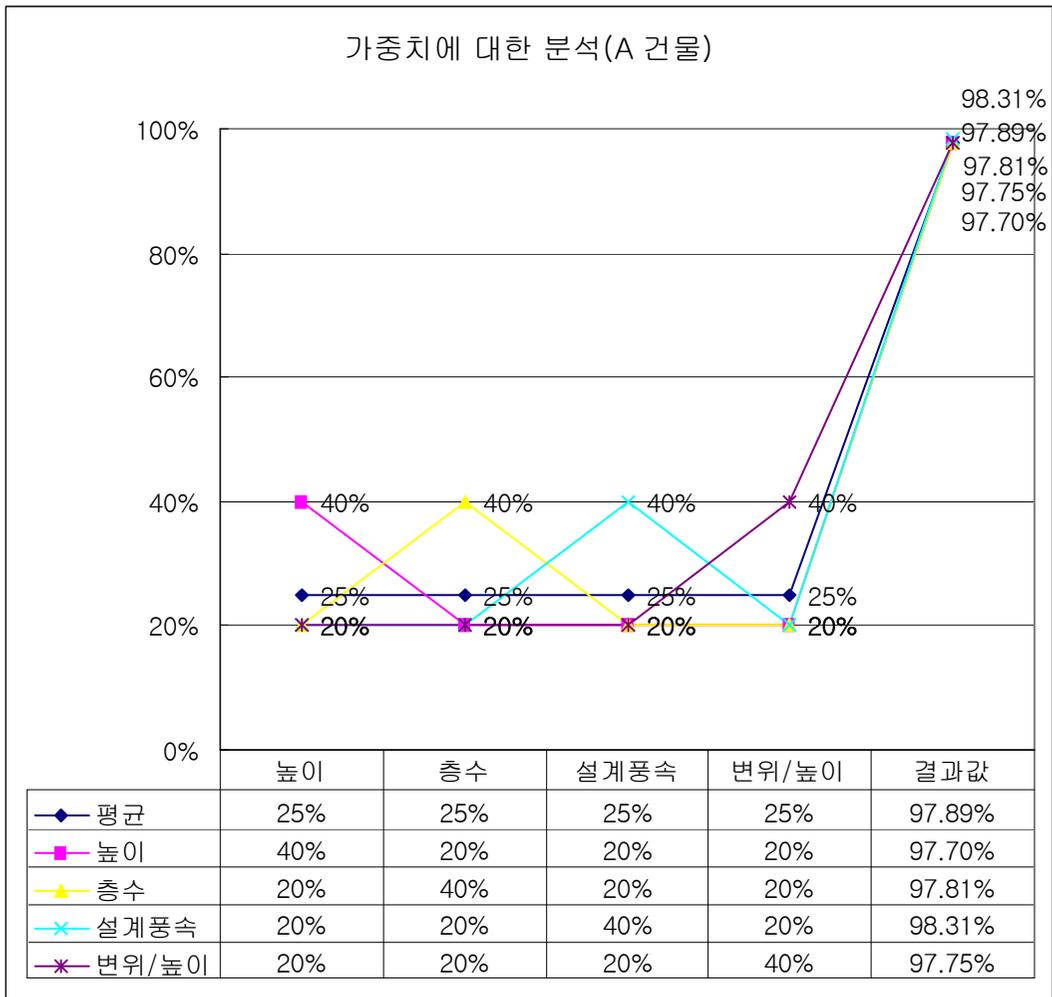


그림 3.16 가중치에 따른 유사도결과 비교 (A 건물)

B건물의 경우, 그림 3.17과 같이 가장 유사한 건물의 유사도는 높이의 가중치를 40%로 하였을 때 97.42%, 높이에 대한 변위비의 가중치가 40%일 때 97.17%, 설계기본풍속이 40%의 가중치를 가졌을 때 97.06%, 4개의 속성에 대한 가중치를 같은 값일 때 97.01%, 층수의 가중치가 40%일 때는 95.83%의 유사도를 나타내었다. B건물에서는 건물높이에 가중치를 크게 주었을 때 가장 큰 유사도를 나타내었으며, 층수의 가중치가 클 때 가장 낮은 유사도를 나타내었다. 하지만 그 차이가 1.18%로 가중치에 따른 유사도의 영향은 아주 미비하다.

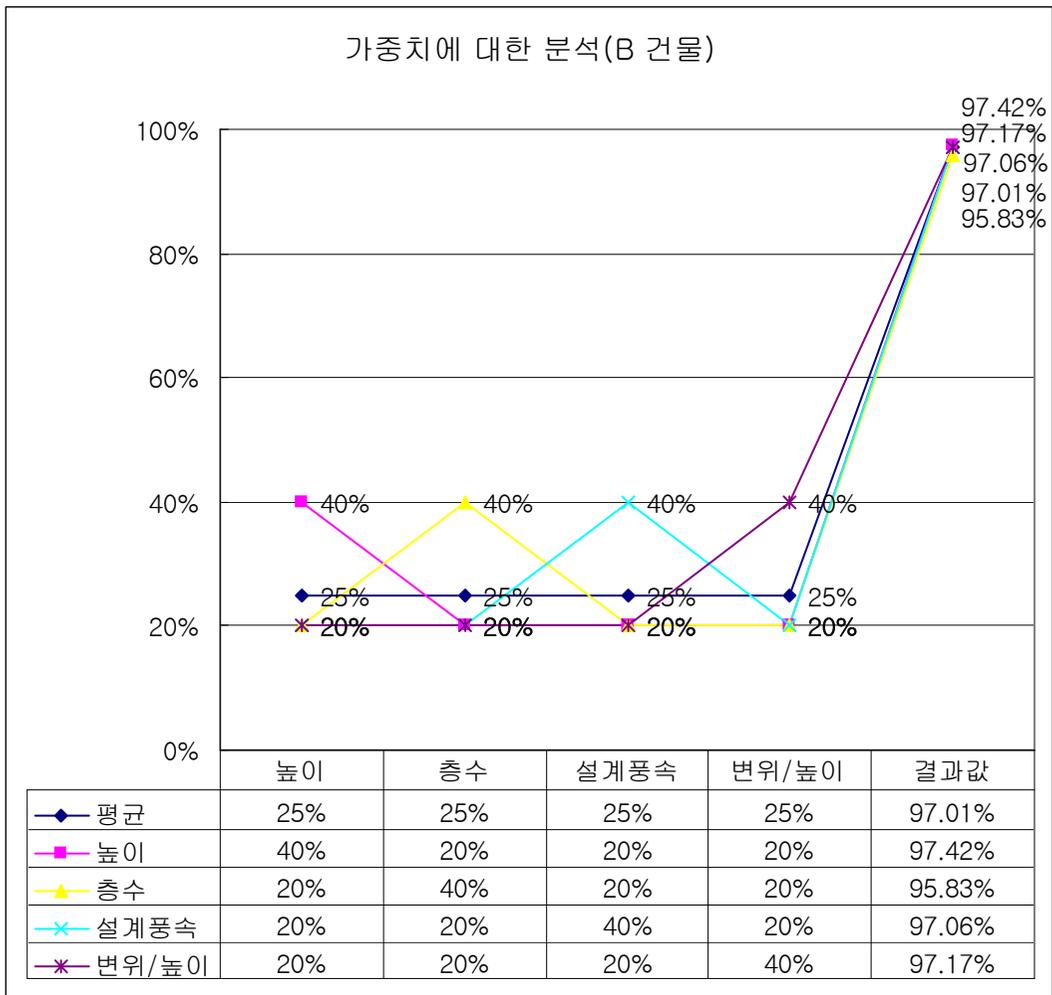


그림 3.29 가중치에 따른 유사도결과 비교 (B 건물)

두 가지의 예제를 통해서 속성의 가중치에 따른 유사도의 차이는 2%내의 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 즉, 유사 설계 사례를 도출시 유사도에 대해 가중치의 값은 큰 영향을 끼치지 않는다는 것을 알 수 있다.

그러므로 최근린 조회기법을 통한 유사 설계 사례를 도출시 4가지의 속성에 모두 평균값인 25%의 가중치를 주도록 한다.

## 4. 초고층 건물 적용예제

### 4.1 귀납적 조회기법을 이용한 구조시스템 선정



그림 4.1 적용예제 조감도 (A건물)

적용 건물은 부산시 동래구 온천동 1412-1번지에 위치해 있으며, 지상 28~40층, 지하 3층의 규모에 지상높이는 110.5m의 주거시설이다. 대지면적은 28,781.9m<sup>2</sup>, 연면적은 228,060.59m<sup>2</sup>, 용적율은 591.25%이다. 그림 4.1 적용건물의 조감도이며, 그림 4.2는 적용건물의 평면형태로 전형적인 T자형이다.

표 4.1 적용예제의 속성 (A건물)

Site	부산시 동래구 온천3동
건물 규모	지상 40층 APT
지상최대높이	110.5m
최대수평변위	175.12mm(H/631)
기준층 층고	2.8m
설계기본풍속	40m/s

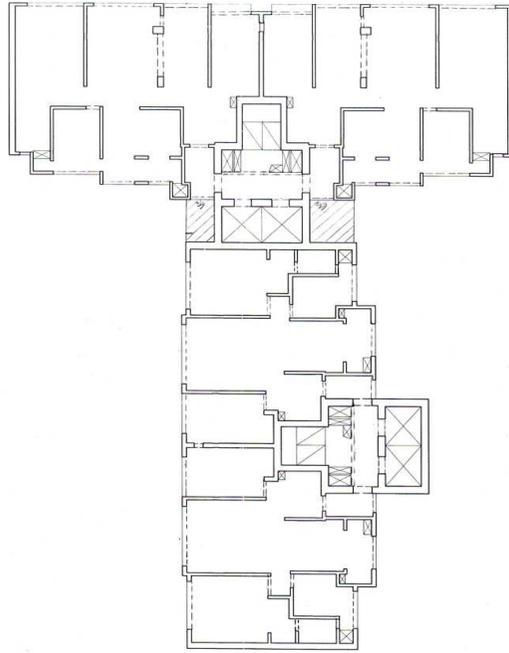


그림 4.2 적용예제 구조평면도 (A건물)

설계 기본풍속이 40m/s 이상의 지역에 지어진 건물이므로 그림 3.13의 알고리즘에 적용하여 구조시스템을 선정한다. 시스템 선정에 필요한 건물의 높이, 기준층의 층고, 설계기본풍속, 최대 수평변위는 표 4.1과 같다. 최대 수평변위는 사례들의 평균 변위비로 계산한 175.12mm를 제시하였다.

위의 조건을 가진 아파트의 구조시스템선정을 그림 3.13의 귀납적 조회과정을 아래와 같이 수행하게 된다.

- ① Basic Wind Velocity :  $40\text{m/s} \geq 40\text{m/s}$
- ② Maximum Lateral Deflection :  $175.12\text{mm} < 270\text{mm}$
- ③ Height From Street To Roof :  $110.5\text{m} < 150\text{m}$
- ④ Maximum Lateral Deflection :  $175.12\text{mm} < 200\text{mm}$
- ⑤ Typical Floor Story Height :  $2.8\text{m} < 2.9\text{m}$
- ⑥ Shear Wall System  $\Rightarrow$  구조시스템 선정

적용예제 건물은 현재 완공되었으며, 구조 시스템은 전단벽 시스템을 적용하였다. 또한, 건물의 최대 수평변위는 173.8mm로 초기 제시한 값과 1.32mm의 차이를 나타내었다. 귀납적 조회기법을 통한 알고리즘의 결과와 동일한 구조시스템을 적용하여 최대 수평변위를 제어한 것을 확인하였다.



그림 4.3 적용예제 조감도 (B건물)

40m/s이하의 내륙지방에 대한 알고리즘에 적용할 초고층 건물의 용도는 주상복합시설로, 현재 천안 쌍용동에 계획중인 건물이다. 그림 4.3은 조감도로서 하부층에는 상가시설, 상부층에는 주거시설이 들어서는 국내에서 쉽게 볼 수 있는 형태를 나타내고 있다. 또한 건물의 평면형태는 그림 4.4와 같이 정방형 + 정방형의 형태를 나타내고 있다. 그림 3.14의 알고리즘에 적용하여 구조시스템을 선정하며, 시스템 선정에 필요한 건물의 높이, 기준층의 층고, 설계기본풍속, 수평 최대변위는 다음 표 4.2와 같이 제시하였다.

표 4.2 적용예제의 속성 (B건물)

Site	천안시 쌍용동
건물 규모	지상 45층 APT
지상최대높이	131.8m
최대수평변위	208.87mm(H/631)
기준층 층고	2.9m
설계기본풍속	35m/s

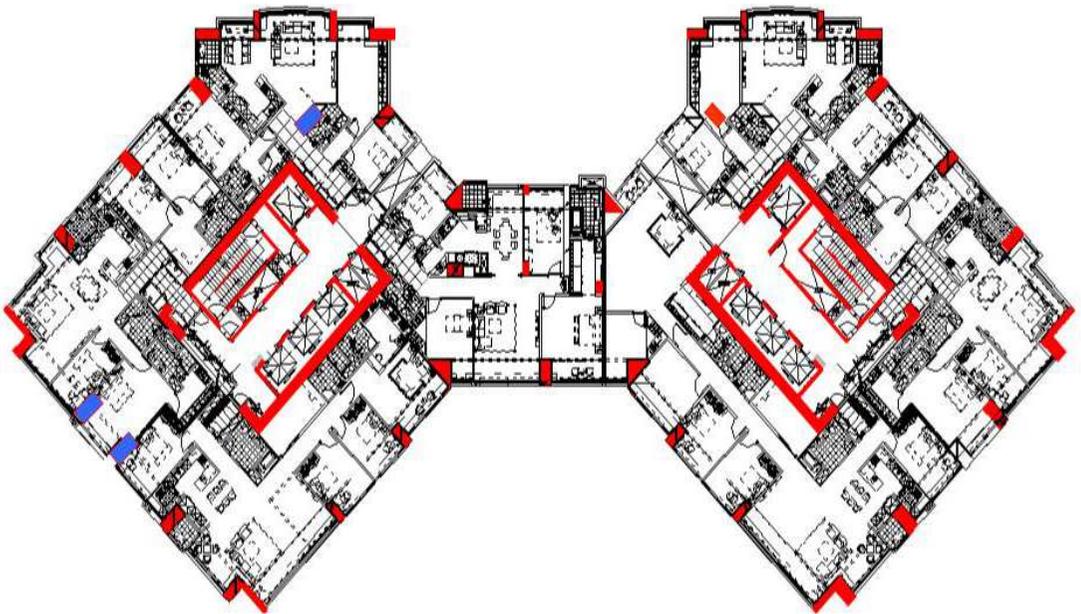


그림 4.4 적용예제 구조평면도 (B건물)

위의 조건을 가진 아파트의 구조 시스템 선정을 그림 3.14의 귀납적 조회과정을 아래와 같이 수행하게 된다.

- ① Basic Wind Velocity :  $35\text{m/s} < 40\text{m/s}$
- ② Maximum Lateral Deflection :  $208.87\text{mm} < 300\text{mm}$
- ③ Typical Floor Story Height :  $2.9\text{m} \leq 3.1\text{m}$

- ④ Typical Floor Story Height :  $2.9m \geq 2.9m$
- ⑤ Height From Street To Roof :  $131.8m < 135m$
- ⑥ Outrigger System  $\Rightarrow$  구조시스템 선정

적용 건물은 계획단계에 있으며, 구조시스템은 아웃리거 시스템으로 선정하였다. 아웃리거의 설치층에 따른 최대수평변위의 값이 다르게 나타나기 때문에 20층과 21층의 사이에 아웃리거층을 두어 수평변위가 190mm로 가장 적게 일어나도록 계획하고 있다. 즉 알고리즘의 결과와 동일한 구조시스템을 선정하였으며, 제시한 최고 수평변위보다 적은 변위를 일으키게 계획되고 있다.

적용 건물 두 개를 통하여 구조 시스템 선정을 위한 본 논문에서 개발한 귀납적 알고리즘의 적용성을 확인하였다.

## 4.2 최근린 조회기법을 이용한 유사설계 사례도출

B건물의 속성을 통해 유사 설계 사례를 도출하면 다음 표 4.3과 같다. 가장 유사한 설계 사례는 서울 여의도에 위치한 대우 트럼프월드1로써 지상높이의 유사도가 99.0%, 층수의 유사도, 풍속의 유사도, 높이에 대한 수평변위비에 대한 유사도가 각각 91.1%, 100%, 97.8%로 나타나 최종 평균 유사도가 97.01%로 나타났다. 다음으로 여의도 트럼프월드2가 최종 유사도 90.91%을 나타냈고, 한화 마포 주상복합건물, 여의도 Park Suite, 잠실 갤러리아 팰리스, 양정 스카이 재건축 APT, 용산 한강로 주상복합건물, 해운대 우동 트럼프월드 마린, 타워베르빌, 드림월드2 주상복합건물 등의 순서로 유사 설계 사례가 도출되었다. B 건물의 구조시스템인 아웃리거 시스템을 적용한 건물이 상위 5개의 유사 설계 사례로 도출되어, 속성의 값들이 유사하면 같은 구조시스템을 적용하여 수평변위를 제어한다.

표 4.3 적용예제의 유사 설계 사례 결과(B건물)

건물명	횡력저항 구조시스템	지상높이 (m)	유사도 (%)	층수 (F)	유사도 (%)	풍속 (m/s)	유사도 (%)	수평변위 (mm)	수평변위 /높이	유사도 (%)	최종 유사도 (%)
대우 트럼프월드1	Outrigger	133	99.0	41	91.1	35	100.0	196	679	97.8	97.01
여의도 트럼프월드2	Outrigger	120.7	91.5	36	80.0	35	100.0	189	639	92.0	90.91
한화 마포 주상복합	Outrigger	109.4	83.0	43	95.5	30	85.7	160.6	681	98.2	90.62
여의도 Park Suite	Outrigger	119.8	90.9	34	75.5	30	85.7	174.2	688	99.1	87.83
잠실 갤러리아 팰리스	Outrigger	149.5	86.5	46	97.7	30	85.7	266.8	560	80.7	87.71
부산 양정 스카 이 재건축 APT	Shear Wall	119.7	90.8	43	95.5	40	85.7	219.3	546	78.6	87.69
용산 한강로 주상복합	RC Core + Frame	126.2	95.7	37	82.2	30	85.7	209	604	87.0	87.68
해운대 우동 트럼프월드 마린	Shear Wall	131.4	99.7	42	93.3	40	85.7	263.4	499	71.9	87.66
타워베르빌	RC Core + Frame	145.7	89.4	43	95.5	40	85.7	270	540	77.7	87.13
대구 드림월드2 주상복합	Shear Wall	120.8	91.6	42	93.3	25	71.4	161.3	749	92.0	87.11

도출된 유사 설계 사례들의 정보를 통해 기본설계를 하기 위해서는 그림 4.5와 같이 유사 설계 사례의 설계정보와 이미지 정보 등을 얻을 수 있다. 그림 4.5는 B건물의 유사 설계 사례로 도출된 대우 트럼프월드1, 대우 트럼프월드2, 한화 마포 주상복합건물, 잠실 갤러리아 팰리스 등의 구조 설계 정보를 나타내었다. 나타난 구조 설계 정보로는 지상높이, 층수, 지하층수, 건물용도, 골조 재료, 기본풍속, 최대 수평변위, 구조시스템, 기준층 층고, 건물의 평면형태 등이다. 이와 같은 유사 설계 사례는 가장 유사한 설계 사례를 적용하는 것이 아니라, 설계자의 의도나, 지역적 특성등을 고려하여 유사 설계 사례 중에서 선택하여 정보를 활용할 수 있다. B건물의 경우 다섯 번째로 유사한 잠실 갤러리아 팰리스의 구조 정보를 토대로 개념 초기 설계를 한다면 현재의 계획안과 가장 유사하게 접근할 수 있다.

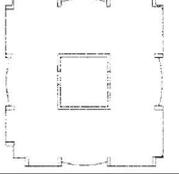
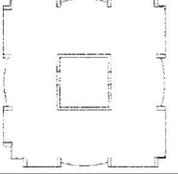
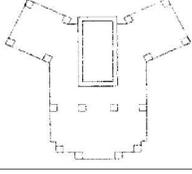
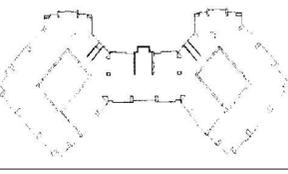
대우 트윈프워드 1		대우 트윈프워드 2	
<ul style="list-style-type: none"> <li>지역: 서울 여의도</li> <li>구조 설계: 일반인 구조</li> <li>지상 높대: 133</li> <li>층수: 41</li> <li>지하 층수: 5</li> <li>건물 형태: 주거</li> <li>구조 재료: RC</li> <li>기본 풍속: 35m/s</li> <li>최대 수평 지점: 185 mm</li> <li>구조 시스템: Outrigger System(RC Core+Frame+Outrigger)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>지역: 서울 여의도</li> <li>구조 설계: CS 구조</li> <li>지상 높대: 120.7</li> <li>층수: 36</li> <li>지하 층수: 6</li> <li>건물 형태: 주거</li> <li>구조 재료: RC</li> <li>기본 풍속: 35m/s</li> <li>최대 수평 지점: 189 mm</li> <li>구조 시스템: Outrigger System(RC Core+Frame+Outrigger)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>기 존 층</li> <li>층 높대: 3m</li> </ul> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>기 존 층</li> <li>층 높대: 3.1m</li> </ul> 	
한화 마포 주상복합		잠실 갤러리아 밸리스	
<ul style="list-style-type: none"> <li>지역: 서울 마포</li> <li>구조 설계: CS 구조</li> <li>지상 높대: 109.4</li> <li>층수: 43</li> <li>지하 층수: 6</li> <li>건물 형태: 주상복합</li> <li>구조 재료: RC</li> <li>기본 풍속: 30m/s</li> <li>최대 수평 지점: 160.6 mm</li> <li>구조 시스템: Outrigger System(Shear Wall+Outrigger)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>지역: 서울 잠실</li> <li>구조 설계: CS 구조</li> <li>지상 높대: 143.5</li> <li>층수: 46</li> <li>지하 층수: 5</li> <li>건물 형태: 주상복합</li> <li>구조 재료: RC Core &amp; Steel</li> <li>기본 풍속: 30m/s</li> <li>최대 수평 지점: 266.8 mm</li> <li>구조 시스템: Outrigger System(RC Core+Frame+Outrigger)</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>기 존 층</li> <li>층 높대: 2.9m</li> </ul> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>기 존 층</li> <li>층 높대: 2.95m</li> </ul> 	

그림 4.5 유사 설계 사례 정보 (B건물)

## 5. 결 론

본 논문에서는 초고층 건물의 초기 개념설계시 구조시스템의 선정과 유사 설계 사례를 도출을 위해 사례기반추론기법을 적용하였다. 이를 위해 국내 초고층 건물들을 사례들로 수집하였으며, 색인화할 수 있는 속성별로 분석하고 분류하였다. 귀납적 조희기법의 결정마디를 통한 알고리즘 생성에 대하여 연구하였으며, 최근린 조희기법을 이용한 유사 설계 사례 도출시 유사도 결정방법에 대한 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1. 사례기반추론기법을 이용한 초고층 건물의 개념 구조설계법을 제시하기 위하여 현재 국내에서 지어졌거나 계획 중인 47개의 초고층 건물에 적용된 구조시스템별로 분석하였으며, 각각의 속성별로 그룹화 하여 Case Data Base로 구축하였다.

2. 귀납적 조희기법을 이용하여 구조시스템 선정을 위한 알고리즘을 풍속 40m/s이상의 해안지역과 40m/s미만의 내륙지역으로 나누어 개발하였으며, 각각의 알고리즘에 초고층 건물을 적용하여 개념구조설계를 실시하여 그 적용성을 확인하였다.

3. 최근린 조희기법을 이용하여 유사설계 사례를 도출하는 과정에서 각각의 속성에 대한 가중치를 다르게 제시하여 비교 분석하였다. 가중치의 변화에 따른 유사설계 사례의 결과값에서는 큰 차이가 나타나지 않았다. 또한, 평균의 가중치를 적용했을 때는 유사도가 97%로 나왔으며, 각각의 속성의 가중치를 변화시켜 적용했을 때는 오차범위가  $\pm 2\%$ 내의 결과가 도출되었다. 속성 개수의 제한과 Case Data Base의 사례수가 적어 가중치의 변화는 결과값에 큰 변화를 주지 못하는 것으로 나타났다.

4. Case Data Base를 통해 구조 시스템 및 평면, 기타 설계정보를 포함한 유사한 구조설계 사례를 도출하도록 하였다. 유사 설계 사례를 도출하기 위해 사용한 속성은 건물높이, 층수, 높이에 대한 최대 수평변위비, 설계기본풍속으로 하였으며, 유사 설계 사례에서 제시된 구조설계정보는 초기 설계단계에서 이용될 수 있다.

본 논문에서는 사례기반추론기법을 이용한 개념구조설계법을 제시하였으며, 향후 연구에서는 Case Data Base의 보충과 각 사례들의 더 많은 구조 설계정보 및 속성들을 보충하여 초기 개념설계시 이용할 수 있도록 하여야한다. 사례들의 확충과 함께 귀납적 조회기법의 알고리즘에 적용한 변수의 정확도를 높여야하며, 최근린 조회기법에서 유사 설계 사례 도출시 본 논문에서 다루어지지 않은 다른 속성들을 기준으로 가중치에 대한 연구가 더 이루어져야 한다. 또한 구조를 전공하고 있지 않는 건축설계자들이 건물의 형태를 제시하고 유사 설계를 도출할 수 이미지 매칭기법을 추가하여 평면형태를 통한 구조시스템 및 구조 설계 정보를 이용할 수 있는 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

1. 이철재, 디지털리즘의 인식론적 공간 구성 해석, 홍익대학교 석사학위논문, 2003.12
2. 함성일, 사례기반추론을 이용한 건축 공간분석과 검색에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문, 2005.8
3. 건축공간 구성방법으로써 폴라쥬기법의 적용에 관한 연구, 건국대학교 석사학위논문, 2001.2
4. 박세근, CBR을 활용한 턴키공사 실시설계관리 방안, 아주대학교 석사학위논문, 2003.2
5. 김광희, 강경인, 사례기반추론 기법을 이용한 공동주택 초기공사비 예측에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제 20권 제 5호, pp83~92, 2004.5
6. Maher, M.L., and Pu, P., Issues and Applications of Case-Based Reasoning in Design, Lawrence Erlbaum Associates, 1997
7. Lucio, soibelman., and Feniosky, Pena-Mora., Distributed Multi-Reasoning Mechanism to Support Conceptual Structural Design, Journal of Structural Engineering, pp.733-742, 2000
8. 송화철, 장운성, 사례기반추론을 이용한 초고층 건물의 개념구조설계법, 대한건축학회 논문집, 제24권 제 2호, pp345~348, 2004.10
9. D. Randall Wilson, Tony R. Martinez, Reduction Techniques for Exemplar Based Learning Algorithms, Machine Learning, 1998
10. Kolodner, J., Case-Based Reasoning, Morgan Kaufman Publishers, San Mateo. CA., pp.173-191, 1993
11. Efraim Turban, Expert System and Applied Artificial Intelligence, Macmillan Publishing Company, pp.159-163, 1992
12. Riesbeck, C.K. and Schank, R.C., Inside Case-based Reasoning,

Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ., 1989

13. 정병화, 리스크관리 대응 시스템 구축에 관한 연구, 울산대학교 석사학위논문, 2002.6

14. Brown, C.E. and Gupta, U.G., Applying case-based reasoning to the accounting domain, Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management, vol.3, pp.205-221, 1994

15. 박용성, 사례기반추론을 이용한 사출금형 공정계획시스템, 동아대학교 석사학위논문, 2001.12

16. Barletta, R., An introduction to case-based reasoning, AI Export, vol.6, No.8, pp.42-49, 1991

17. Schank, R.C., Dynamic Memory: A Theory of Reminding and Learning in Computers and People, Cambridge Press, New York, 1982

18. Kolodner, J., Improving human decision making through case-based decision aiding, AI Magazine, Vol12, No.2, pp.52-68, 1991

19. Birnbaum, L. and Collings, G., Reminders and engineering design theme : a case study in indexing vocabulary, Second Workshop on Case-based Reasoning. Pensacola Beach, FL., 1995

20. Hamond, K.J., On functionally motivated vocabularies: an apologia, Second Workshop on Case-Based Reasoning. Pensacola Beach, FL., 1989

21. Lial, T.W., Zhang, Z.M. and Mount, C.R., A case-based reasoning system for identifying failure mechanism, Engineering Applications of Artificial Intelligence vol.13, pp.199-213, 2000

22. Simson, R.L., A computer model of case-based reasoning in problem solving: an investigation in the domain of dispute mediation, Technical Report GIT-ICS-85/18, Georgia Tech., School of Information and Computer Science., 1985

23. Hamond, K.J., CHEF: A model of case-based planning, American Association for Artificial Intelligence, AAAI-86, Philadelphia, PA., 1986

24. Quinlan, J.R., Induction of decision trees, Machine Learning, vol.1, pp.81-106, 1986

25. Shin, K.S. and Han I., Using induction techniques to support case based reasoning : a case of corporate bond rating, Proceedings of the Korean Operation Research and Management Science Society Conference, 1997

26. 이연님, 사례기반추론모형에서 기호 데이터 간의 유사도 측정에 관한 연구, 이화여자대학교 석사학위논문, 2004.1

27. Hori, Satoshi, Sugimatsu, Hiromitsu, Furukawa, Soshi. And Taki, Hirokazu., Utilizing Repair Cases of Home Electrical Appliances, IEICE TRANS. INF. And SYST., Vol.E82-D, No.12, 1999.12

28. 김종학, 사례기반추론을 활용한 건설실패관리모형의 개념적 틀 개발에 관한 연구, 중앙대학교 석사학위논문, 2004.6

29. CTBUH, Group SC, Tall Building Systems And Concepts, vol. SC of Monograph on Planning and Design of Tall Buildings, ASCE, New York., 1980

30. Khan, F.R., Optimization of Building Structures, Proceedings of Structural Engineering Conference held at University of Illinois, 1966.5

31. 최영규, 고층건물의 구조시스템, 인하대학교 출판부, pp5-8, 1999.2

32. Falconer, D., and Beedle, L.S., Classification of Tall Building System, Council Report No.442.3, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Bethlehem, PA., 1984

33. 김종호, 구조 설계 측면에서 본 국내 초고층 주거복합 건물의 현재와 미래, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 제 4회, pp186-193, 2003.11