



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

PROMETHEE 기법을 활용한  
초고층 건축 시공 리스크 분석



2013년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

건설관리공학협동과정

김 성 현

공 학 석 사 학 위 논 문

# PROMETHEE 기법을 활용한 초고층 건축 시공 리스크 분석

**Risk Analysis of High-rise Construction  
Using PROMETHEE**

지도교수 김 수 용

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2013년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

건설관리공학협동과정

김 성 현

김성현의 공학석사 학위논문을 인준함.

2013년 2월 22일



주 심 공학박사 이 중 출 

위 원 공학박사 이 영 대 

위 원 공학박사 김 수 용 

# 목 차

표 목차 .....	iii
그림 목차 .....	v
Abstract .....	vi

## 1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1.2 연구범위 및 방법 .....	2

## 2. 이론적 고찰

2.1 초고층 건축물 분석 .....	3
2.1.1 초고층 건축물의 정의 .....	3
2.1.2 초고층 건축물 현황 .....	5
2.2 리스크 .....	7
2.2.1 리스크의 정의 .....	7
2.2.2 리스크 관리 및 분석 .....	8
2.3 PROMETHEE 기법 .....	10
2.3.1 PROMETHEE 기법의 개요 .....	10
2.3.2 대안들의 순위번호체계 .....	15
2.3.3 PROMETHEE 기법의 특징 .....	19

## 3. 초고층 건축 시공 리스크 요인 도출

3.1 리스크 요인 도출 .....	21
3.1.1 전문가 면담조사 개요 .....	21
3.1.2 전문가 면담조사 결과 .....	22
3.2 리스크 분류 .....	26

3.3 분석기준 설정 .....	28
<b>4. PROMETHEE 기법을 활용한 리스크 분석</b>	
4.1 기본설정 .....	29
4.1.1 선호함수 유형별 특징 .....	29
4.1.2 평가지표 산출기준 설정 .....	31
4.2 평가자료 작성 .....	32
4.3 선호지수 계산 .....	41
4.4 선호의 유출량과 유입량 계산 .....	46
4.5 PROMETHEE I (부분적 우선순위) .....	48
4.5 순흐름량 계산 .....	50
4.5 PROMETHEE II (전체적 우선순위) .....	52
<b>5. 결론</b>	
<b>참 고 문 헌</b> .....	56
<b>부       록</b> .....	58



## 표 목차

표 2.1 여러나라 초고층 기준 .....	4
표 2.2 국가별 초고층 건설현황 .....	6
표 2.3 PROMETEE 기법의 선호함수와 선호임계치 .....	14
표 2.4 PROMETEE 기법의 순위선호체계 .....	16
표 3.1 전문가 기본개요 .....	22
표 3.2 시공분야 전문가가 도출한 리스크 .....	23
표 3.3 기계설비분야 전문가가 도출한 리스크 .....	24
표 3.4 CM분야 전문가가 도출한 리스크 .....	25
표 3.5 초고층 건축 시공리스크 인자 .....	27
표 3.6 평가기준의 정의 .....	28
표 4.1 선호함수의 유형별 특징 .....	30
표 4.2 PDRI의 평가기준 .....	31
표 4.3 평가지표 산출기준 .....	32
표 4.4 평가자료 작성을 위한 설문조사의 대상 .....	33
표 4.5 기술관리의 선호함수 유형 설문조사 .....	34
표 4.6 성능관리의 선호함수 유형 설문조사 .....	35
표 4.7 안전관리의 선호함수 유형 설문조사 .....	36
표 4.8 일정관리의 선호함수 유형 설문조사 .....	37
표 4.9 평가기준별 선호함수 설문조사 결과 .....	38
표 4.10 평가기준 별 선호함수의 형태 .....	38
표 4.11 초고층 건축 시공리스크의 중요도 산출을 위한 평가자료 .....	40
표 4.12-1 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출을 위한 선호지수 I .....	43

표 4.12-2 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출을 위한 선호지수 II · 44  
표 4.12-3 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출을 위한 선호지수 III · 45  
표 4.13 초고층 건축 시공리스크의 선호의 유출량과 유입량 ..... 47  
표 4.14 초고층 건축 시공리스크의 순흐름량 ..... 51



## 그림 목차

그림 1.1 연구의 흐름도 .....	2
그림 2.1 세계 초고층 현황 .....	7
그림 2.2 PROMETEE 기법의 선호함수 .....	12
그림 2.3 PROMETHEE의 수행절차 .....	18
그림 4.1 PROMETHEE I .....	49
그림 4.2 PROMETHEE II .....	53



# **Risk Analysis of High-rise Construction Using PROMETHEE**

Kim, Sung Hyun

*Interdisciplinary Program of Construction Engineering and Management  
The Graduate School  
Pukyong National University*

## **Abstract**

Recently, the constructions of high-rise buildings which equipped with various and complicated functions are increasing due to the increase in population and urban concentration in local cities and other countries. Due to the complicated characteristics of high-rise building such as the high number of floors, new materials and construction methods are used to complete the constructions of high-rise buildings within the time limit. These material and construction methods are different from the construction of ordinary buildings and require more capital, manpower and skills. Because of these characteristics, the construction of high-rise buildings have various risk factors which causes negative results such as delay of construction and increase of costs. Therefore, there is a need of a systematic management plan in construction of high-rise buildings because the participants in high-rise building construction have different ways in handling risks depending on their experience and intuition.

Thus, PROMETHEE technique was utilized to analyzed risk factors in construction stages of high-rise buildings in this study. First of all, the risk factors of high-rise building in construction stage were identified through interview conducted with experts, and PROMETHEE was used to set up evaluation standard for analysis of high-rise building construction risks. And also the standard of evaluation index calculation was composed by using the

definition level in PDRI. Preference function and evaluation index were identified through questionnaires. Through these processes, this study has discovered the importance of high-rise building construction risks by using PROMETHEE technique.

The conclusion from this study is as following. There are twenty nine (29) risks of high-rise building construction were identified through interviews with experts and all risks were classified with standard of five (5) M (Man, Material, Machine, Method and Management). As the result of risk factors in high-rise building construction analyzed through PROMETHEE technique, high degree of risks were 'Operation plan of material lifting ', 'Outrigger & Belt Truss Construction', 'Foundation work plan of high-rise building' and 'Considering a Structure concept of high-rise building', and low degree of risks were 'Lack of applying advanced technology in construction', 'Consideration of building wind reduction measures', 'Temporary waterproof plan for finishing floor during construction stage' and 'Concrete pouring plan of structure frame work'.

**Key word : Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation(PROMETHRR), Risk, High-Rise Construction**

# 제1장 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내를 비롯해 세계 각국에서 인구의 증가 및 도시집중화로 다양하고 복합적인 기능을 갖춘 초고층 건축물이 점점 증가하는 추세에 있다. 이러한 초고층 건축물은 고층화, 세장화 되고 있으며, 최근 시공기술의 발달과 고강도재료의 등장으로 인해 그 현상은 더욱 가속되고 있다.

현재, 국내에서도 사회 경제적 요구의 증가로 인하여 초고층 건축물들이 속속 들어서고 있다. 초고층 건축물들은 일반 중·저층 건축물들에 비교하여 높이가 크게 증가하고 시스템이 복잡해진 반면, 전체적인 공사기간의 증가는 미미하여 일반 건축물들과 달리 새로운 재료 및 공법이 적용된다.

초고층 건축물은 높은 층수만큼이나 크고 복잡한 특성을 지니고 있으며, 초고층 건축물 시공에는 공기를 준수하기 위하여 일반 건축물과는 다른 새로운 재료 및 공법이 적용되며 많은 자본과 인력, 기술을 요하게 된다. 이러한 특성으로 인하여 일반 건축물과는 다른 다양한 리스크 인자를 내포하고 있으며, 이것은 공기지연 또는 공사비 상승 등의 부정적 결과를 초래한다. 하지만 초고층 건설공사 참여자들은 경험과 직관에 의존하여 리스크를 다루고 있는 실정으로 리스크에 대한 체계적인 관리 방안의 마련이 필요하다.

이에 본 연구에서는 초고층프로젝트 시공단계에서 발생하는 불확실한 위험인자를 도출하고 PROMETHEE 기법을 통해 도출된 위험인자들 간에 우선순위를 도출하여 미리 예측하고 대처함으로써 보다 성공적으로 프로젝트를 이끌어 나갈 수 있도록 한다.

## 1.2 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 초고층 건축의 여러 가지 단계 중 시공단계에서의 리스크에 한정하여, 시공 중에 발생 할 수 있는 다양한 분야의 리스크에 대하여 연구를 진행 하였다.

본 연구수행 방법 및 내용은 다음과 같다.

첫째, 관련된 문헌 연구를 통해 초고층 건축의 개념 및 리스크에 대하여 고찰한다.

둘째, 전문가 면담을 통하여 초고층건축 시공단계에서의 리스크 항목을 도출하고 도출된 리스크 항목을 평가 하기위한 평가기준을 설정한다.

셋째, PROMETHEE 기법을 활용하여 도출된 리스크 항목들의 중요도를 분석한다.

마지막으로 결과 및 연구의 한계, 보완해야 할 점 대해 기술한다.

이러한 연구내용에 대한 연구과정을 요약하면 그림 1.1과 같다

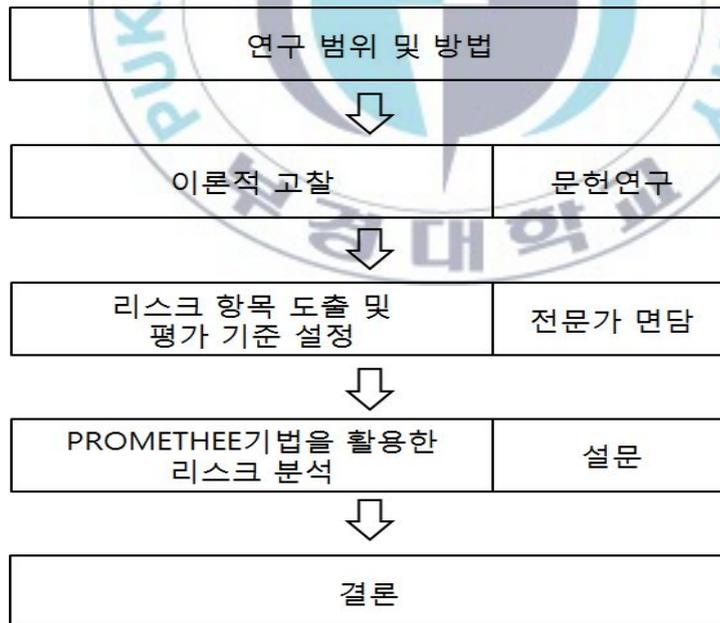


그림 1.1 연구의 흐름도

## 제2장 이론적 고찰

### 2.1 초고층 건축물 분석

#### 2.1.1 초고층 건축물의 정의

초고층 건축물에 대한 정의는 매우 다양하게 존재하고 있다. 초고층 건축물이라는 것은 그 기준이 명확하지 않고 지역에 따라서도 다르기 때문에 단순히 건물의 높이로만 초고층을 정의하기는 어렵다. 예를 들어 유럽의 경우 12층 이상이면 고층으로 분류될 수 있지만 고층 건물이 밀집한 시카고의 경우에는 70층에서 100층 정도의 건축물이 되어야지만 초고층 건축물로 분류된다. 이처럼 건축물의 높이나 층수로 초고층 건축물을 정의하는 것은 쉽지 않은 일이다.<sup>1)</sup>

세계초고층도시건축학회(CTBUH : Council on Tall Buildings and Urban Habitat)에 따르면 초고층 건축물은 건축물의 디자인, 시공, 사용 및 유지관리 측면에서 계획, 설계, 시공 등에 있어서 일반적인 건축물들의 조건과는 다른 특별한 조건을 유발하는 건축물이라 할 수 있다.

해외의 경우 표 2.1과 같이 주로 높이를 기준으로 초고층 건축물을 정의하고 특별한 조항들을 적용하고 있다. 현재 CTBUH의 내용이 보편적으로 인정되는 기준이라고 할 수 있는데, 여기서의 초고층 건축물이란 보통 50층 이상 또는 200m 이상이거나 고층성(tallness)이 있는 건축물로 정의하고 있다.<sup>2)</sup>

1) 송도현, 초고층건축 시공, 기문당, 2002

2) 건설교통부, 한국건설교통기술평가원 [공편], 초고층 건축물 건설기술 연구단 최종 보고서 부록. 1, 초고층 건축물 건설기술 지침, 2008

표 2.1 국가별 초고층 건축물 기준

국가	기준	비고
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>중화민국 건축규범 : “100m 이상의 높이를 가진 건축물을 초고층”으로 규정</li> </ul>	
대만	<ul style="list-style-type: none"> <li>내정부영건저(內政部 營建署) 자료 :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 十二劃 - 都市計畫類 - 超高層建築 High-riss building(12부-도시계획류-초고층건축) 규정에 의거해 피난특별안전계단을 요구하는 건축물의 높이 한계는 50m</li> <li>- 대만에서 건축구조설계안전규정을 적용받는 초고층은 36m 이상</li> <li>- 고층 피난 시 50m 이상에 대해 건축구조의 외부 심의를 요구</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•현재 “높이”의 기준과 같이 통일된 명확한 정의는 없음</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>건축기준법시행령 제3장 구조강도 제1절 총칙 제36조 (구조방법에 관한 기술적 기준) 3항 법 제20조 제2호 : “높이가 60m를 넘는 건축물을 초고층건축물”로 규정</li> </ul>	
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>CTBUH(Council on Tall Buildings &amp; Urban Habitat)의 정의 :                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 높이 50층 또는 200m 이산인 건축물</li> <li>2) 밑변과 높이 비율이(세장비) 1:5 이상인 건축물</li> <li>3) 횡력저항 시스템 유무의 판단에 의한 건축물</li> </ol> </li> <li>The Emporis Data Committee 정의 :                             <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 미우 높고, 지속적으로 거주가능한 건축물</li> <li>2) 공식적인 정의는 없지만, ‘Skyscraper’로 규정되는 최소 높이는 대략 150m 또는 500ft</li> <li>3) 거주층이 규칙적인 간격으로 나뉘어져 있으며, 높이는 35m 또는 115ft 이상인 건축물</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Super-tall: 1000ft 또는 300m를 초과하는 초고층건축물</li> <li>•High-riss: 고층건축물 또는 구조물을 지칭 (보통 주거, 사무 기능이 복합된 초고층건축물)</li> </ul>

국내의 경우 법률상으로 2011년 12월에 개정된 건축법시행령 제2조 15항에 “초고층 건축물이란 층수가 50층 이상이거나 높이가 200미터 이상인 건축물을 말한다.”라고 정의를 하고 있다. 또한, 2011년 3월에 제정된 ‘초

고층 및 지하연계 복합건축물 재난관리에 관한 특별법' 제2조 1항에서도 초고층 건축물은 50층 이상 또는 높이 200미터 이상의 건축물로 정의하고 있다.

### 2.1.2 초고층 건축물 현황

도시의 확장, 인구밀집에 따른 지가상승은 고밀화를 초래하게 되었다. 이에 토지이용의 효율성을 높이며, 도심의 공동화현상을 해결하고, 새로운 도심 거주유형에 대응하기 위하여 초고층 건축물이 세계적인 추세로 증가하고 있다. 초고층 건축의 초기에는 미국을 중심으로 한 구미선진국에서 건설이 활발하였지만 1990년대 후반부터 최근까지의 초고층 건축물의 건설 동향을 보면 중동지역과 아시아 지역에서의 건설이 급증하였다.

전 세계의 도시를 대상으로 40층 이상의 초고층주거를 분석한 결과 총 2,056개의 건축물이 완공되었거나 건설 중 또는 승인된 상태인 것으로 나타났다. 특히, 표1의 나라별 초고층주거건축 건설현황을 보면 1위~10위 사이에 무려 5개국이 아시아인 것으로 나타났다. 또한, 중국이 무려 47.9%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 건설 중이거나 건설예정인 것으로 분석되었다. 이는 초고층 주거에 대한 건설수요가 급증하는 현상을 나타내며, 그 중심에 아시아가 있음을 알 수 있다.<sup>3)</sup>

---

3) 강부성, 정창용 외, 세계 주요도시의 초고층 주거건축 건설동향 및 특성비교연구, 대한건축학회 논문집 계획계 제21권 제12호 P.193-200, 2005

표 2.2 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	대한민국	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%)		

세계적인 추세에 비해 다소 늦기는 했지만 우리나라에도 초고층건축의 시대가 도래 하고 있다. 1971년에 완공된 삼일빌딩(31층)을 필두로 1984년 63빌딩(60층), 1987년의 무역센터빌딩(55층)이 그 맥을 이었고, 2003년 타워팰리스 3차(69층, 264M)가 준공되면서 우리나라 최고높이를 지키고 있다. 뿐만 아니라 서울, 인천, 부산 등을 중심으로 100층 또는 400m이상의 초고층 건축물 계획 및 검토가 10여건 이상 추진되고 있다. 그림 2.1은 현재 완공된 세계 초고층빌딩들을 높이 순으로 나타낸 것이다.



그림 2.1 세계 초고층 현황4)

## 2.2 리스크

### 2.2.1 리스크의 정의

미국프로젝트관리협회(PMI : Project Management Institute)에서 리스크(Risk)란 “불확실한 위험을 내포하고 있는 요인, 요소, 프로젝트에 부정적인 영향을 초래할 사건의 발생 가능성, 사건이 발생할 확률 및 심각성 등을 포괄적으로 나타낸 것”이라고 정의하고 있으며, 건설공사의 모듈 활동에 영향을 미칠 수 있는 리스크는 위험성이나 불확실성이 높은 것으로 인식되어 지고 있다.

Rothkopf(1975)는 리스크를 ‘손실(loss), 손상(injury), 불이익(disadvantage), 파괴(destruction) 등의 가능성’으로 정의한다. 리스크는 또한 ‘기대한 것을 얻지 못할 가능성, 기대와 현실 사이의 격차, 불확실성 자체 또는 그 불확실성의 결과’ 등으로 표현되기도 한다. 이러한 관점의 리스크는 ‘결과 예측 가능성의 결여’로 그 의미가 요약될 수 있다. 이러한 개념의 리스크는 결과 예측의 어려움으로 인해 발생할 수 있는 손실(loss), 피해(damage), 결여(lack) 등과 관련된 부정적 측면만을 강조한 나머지, 또 한 가지 중요한 관점인 수익(profit), 획득(gain), 기회(opportunity) 등과 같은 긍정적 관점을 등한시하고, 리스크 관리의 목적을 손실/비손실 중의 하나와 관련된 경제적 보험관리 조건을 찾아내는 것으로 간주하고 있다.<sup>5)</sup>

### 2.2.2 리스크 관리 및 분석

---

4) <http://jennyhouse.info/>

5) 김인호, 건설사업의 리스크관리, 기문당, 2001

건설 프로젝트는 다양한 형태의 불확실성이 내재되어 있으므로 이를 대처하기 위해서는, 그 근원이 되는 환경을 분석하고, 변화를 예측하여 제어하려고 노력하여야 한다.<sup>6)</sup> 의사결정자는 활동 기간에 목적 달성의 저해 요인이 되고 있는 불확실성을 제거하기 위해 계획적 행동이나 관리 활동에 착수하게 되는데, 리스크 관리는 리스크 분석을 통해 규명되고 결정된 리스크를 완화할 수 있는 여러 대안들을 창출하고 그 중에 가장 적합한 대안을 선정하여 이행하는 것이라 할 수 있다. 이러한 리스크 관리는 인지된 리스크를 최소화하고, 감당하고, 분담하는 것을 의미하는 것이며, 리스크 식별, 리스크 분석, 리스크 대응의 연속적 과정으로 표현된다. 리스크 식별(Risk identification)은 특정사업과 관련된 리스크 인자의 근원을 파악하고, 일정한 기준에 따라 체계적으로 분류하며, 해당 리스크 발생 결과의 중요도를 판단하여 리스크 분석단계에서 중점적으로 고려해야 할 리스크 변수를 선정하는 과정이다. 후속단계로 이어지는 리스크분석(Risk Analysis)은 다양한 분석 기법을 사용하여 리스크 식별 단계에서 인식된 리스크 인자의 결과적 중요도를 파악하는 과정으로, 분석단계에서는 리스크의 발생규모, 리스크 변수의 개별적 영향 또는 종합적 파급효과 등을 계량적으로 측정·평가해야 한다. 리스크 대응(Risk Response)은 식별·분석된 리스크 인자의 처리방안을 강구하는 과정으로, 리스크 대응을 위해 건설사업 관리자는 특정 리스크를 다른 집단(조직)에 전가시킬 수 있고,(Risk transfer) 투자나 사업 수행을 철회함으로써 회피할 수도 있으며,(Risk avoidance) 경우에 따라서는 다양한 대책을 수립하여 리스크를 감소시킬 수도 있다.(Risk reduction) 또한 투기적 효과(혜택/기회)를 기대하며 어느 정도의 위험을 무릅쓰고 리스크를 보유한 채 사업을 진행시키기도 한다.(Risk retention) 이러한 대응전략은 리스크에 대한 건설사업 관리자의 취향에 따라 선택적 또는 전체적으로 활용될 수 있으며, 리스크 식별단계

6) 최동환, 건설 리스크 사건의 분석 및 평가를 위한 포트트리 적용 방안, 중앙대 대학원 석사학위논문, 2001

에서 인식된 리스크만을 대상으로 진행되기 때문에 이 단계에서 특정 사업과 관련된 모든 리스크 인자가 철저히 파악되어야 한다.<sup>7)</sup> 기존의 연구자들은 이 세 가지 요소를 의미적으로 분석하고 체계적 운용을 통해 불확실한 상황에서 문제해결 과정을 대폭적으로 개선할 수 있다고 제안하고 있다.

## 2.3 PROMETHEE 기법

### 2.3.1 PROMETHEE 기법의 개요

PROMETHEE는 Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation의 약자로 1982년 벨기에의 J.P Brans에 의해 처음 제안되어, 1985년 Brans와 P. Vincke는 순위선호(outranking)의 개념을 바탕으로 기준별 선호함수(preference function)와 선호의 유출량(leaving flow) 및 유입량(entering flow)의 개념을 이용하여 대안들 간의 우선순위를 도출하는 PROMETHEE 기법을 개발하였다. PROMETHEE 기법은 평가자(전문가)가 평가함수와 파라미터(parameter, 선호임계치)를 설정하면 내부 분석과정을 통해 평가 항목들 간의 상대비교가 자동적으로 이루어지게 된다. PROMETHEE 기법에서 선호의 유출량과 유입량을 계산하기 위해 사용되는 선호지수(preference index)  $\pi(a,b)$ 는 식 2.1과 같다.

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k p_j(a,b)w_j \quad \text{식 2.1}$$

7) 유재환 외, 안전관리, pp.65~66, 1998

<식 2.1>에서  $p_j(a,b)$ 는 평가기준  $j$ 의 선호함수 값을 나타내며,  $w_j$ 는 평가기준  $j$ 의 가중치를 의미한다. 여기서 선호함수 값  $p_j(a,b)$ 는 두 대안  $a$ 와  $b$ 의 평가점수 차이에 대한 평가자의 선호성향을 반영하는 함수의 값이다. 따라서 PROMETEE 기법의 선호함수는 평가자의 위험성향을 반영하는 MAUT의 효용함수와 유사하다고 생각할 수 있으나, PROMETEE 기법의 선호함수가 이원비교에 기초하고 있다는 점에서 MAUT기법의 효용함수와 구별된다.

Brans와 Vincke는 평가기준별 선호함수를 그림 2.2와 같이 미분형(binary type), U형(U type), V형(V type), 선형(linear type), 계단형(step type), 정규분포형(gaussian type)등 여섯 가지로 정의하고 있다.



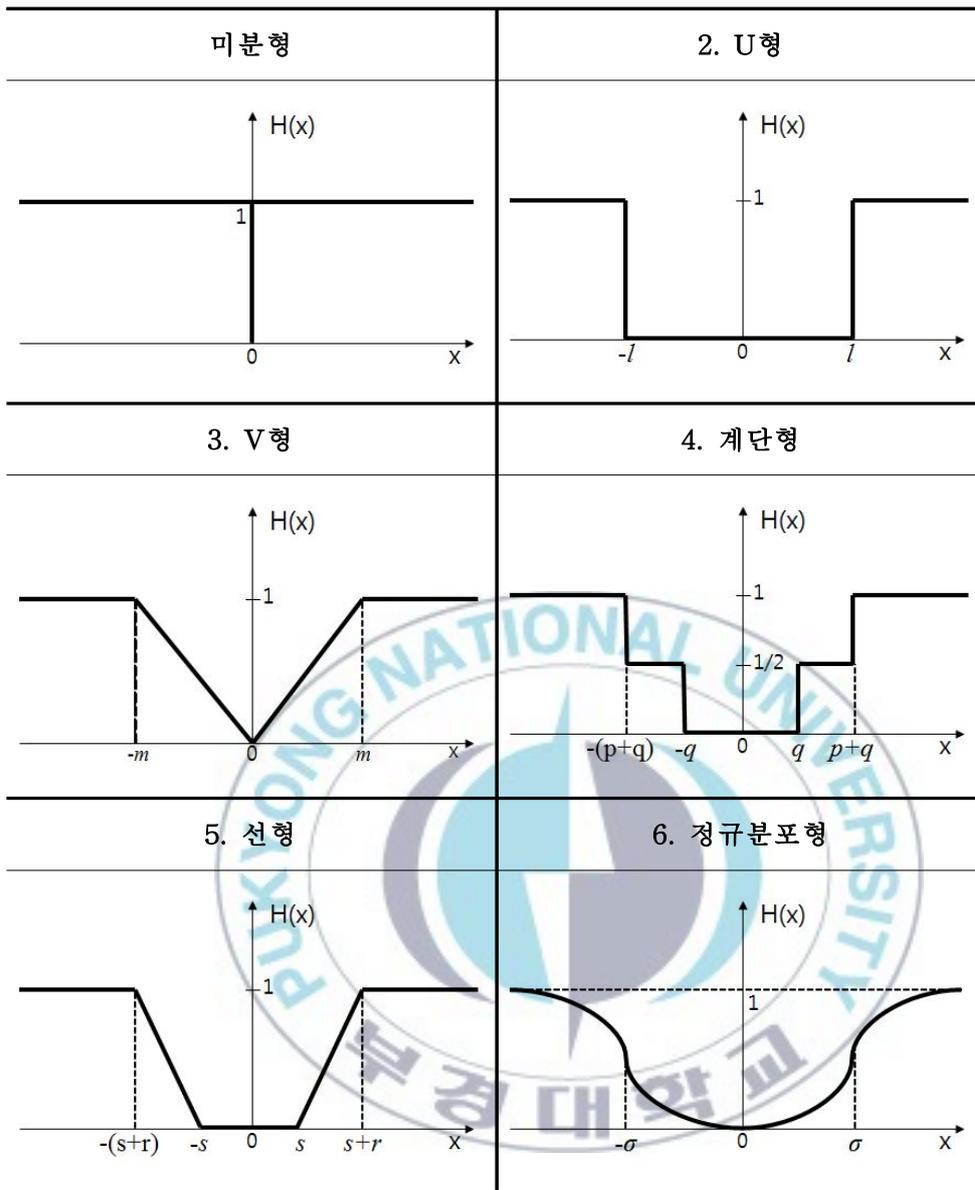


그림 2.2 PROMETEE 기법의 선호함수

선호함수표현의 편의를 위하여 평가기준  $j$ 에서 두 대안  $a$ 와  $b$ 의 평가점수  $g_j(a)$ 와  $g_j(b)$ 의 차이를  $x_j$ 라고 할 때, 선호함수  $H(x_j)$ 는 식 2.2와 같이 표현할 수 있다.

$$H(x_j) = \begin{cases} p_j(a,b), & x_j \geq 0 \\ p_j(b,a), & x_j \leq 0 \end{cases} \quad \text{식 2.2}$$

식 2-2에서 두 대안 a와 b의 평가점수 차이  $x_j \geq 0$ 은 평가기준 j하에서 대안 a의 평가점수가 대안 b보다 높은 것을 나타낸다. 따라서 대안 a는 대안 b보다 선호되며, 선호함수는  $p_j(a,b)$ 로 표현된다. 반면 두 대안 a와 b의 평가점수 차이가 음수인 경우, 즉  $x_j \leq 0$ 은 평가기준 j하에서 대안 b의 평가점수가 대안 a보다 높은 것을 나타낸다. 따라서 이 경우, 대안 b는 대안 a보다 선호되며, 선호함수는  $p_j(b,a)$ 로 표현된다. 결국 그림 2.2에서  $H(x_j)$ 는  $x_j$ 가 양수일 경우에는  $x_j=0$ 을 기준으로 오른쪽의 선호함수인  $p_j(a,b)$ 가 되며,  $x_j$ 가 음수일 경우에는  $x_j=0$ 을 기준으로 왼쪽의 선호함수인  $p_j(b,a)$ 가 된다. 그리고 선호함수의 값은 0과 1사이의 수치로 표준화됨을 알 수 있다.

표 2.3은 그림 2.2에 나타난 여섯 가지 선호함수의 식과 각 선호함수의 값을 도출하기 위해 의사결정자가 결정해야 할 선호임계치를 요약한 것이다. 의사결정자는 평가기준별 선호함수의 구체적 형태를 결정하기 위해 선호임계치를 부여해야 하고 이를 위해서는 평가기준별로 대안들의 선호도를 차별화 할 수 있는 충분한 경험 및 근거를 갖고 있어야 한다.

표 2.3 PROMETEE 기법의 선호함수와 선호임계치

유형	선호함수	선호임계치
미분형	$H(x) = \begin{cases} 0, & x = 0 \\ 1, & x \neq 0 \end{cases}$	없음
U형	$H(x) = \begin{cases} 0, &  x  \leq l \\ 1, &  x  > l \end{cases}$	$l > 0$
V형	$H(x) = \begin{cases}  x /m, &  x  \leq m \\ 1, &  x  > m \end{cases}$	$m > 0$
계단형	$H(x) = \begin{cases} 0, &  x  \leq q \\ 1/2, & q <  x  \leq q+p \\ 1, &  x  > q+p \end{cases}$	$q > 0, p > 0$
선형	$H(x) = \begin{cases} 0, &  x  \leq s \\ ( x-s )/r, & s <  x  \leq s+r \\ 1, &  x  > s+r \end{cases}$	$s > 0, r > 0$
정규분포형	$H(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-x^2/2\sigma^2}, & x > 0 \end{cases}$	$\sigma > 0$

또한 선호함수  $p_j(a,b)$ 의 값은 의사결정자가 평가기준별 선호함수와 선호 임계치를 결정하게 되면 내부알고리즘에 의하여 대안들 간의 이원비교가 자동적으로 수행되어 결정되므로 평가자가 직접이원비교를 수행해야 하는 번거로움이 없다. 따라서 비교 대안의 수가 매우 많고 새로운 대안이 추가 되거나 삭제되는 경우 효율적으로 이원비교를 수행할 수 있는 장점이 있다.

그러나 의사결정자가 식 2.1의 선호지수  $\pi(a,b)$ 를 계산하기 위해서는 다수 평가기준들의 가중치를 알고 있어야 하므로 PROMETHEE 기법에서도 MAUT기법처럼 가중치를 합리적으로 결정해야 하는 문제가 발생한다.<sup>8)</sup>

8) 민재형 외 1인, PROMETHEE를 이용한 다기준의사결정, 2003

### 2.3.2 대안들의 순위선호체계

PROMETHEE 기법에서는 선호지수  $\pi(a,b)$ 를 이용하여 식 2-3과 같은 선호유출량(leaving flow,  $\Phi^+$ ), 선호유입량(entering flow,  $\Phi^-$ ), 그리고 순흐름량(net flow,  $\Phi$ )을 구함으로써 대안들의 순위선호관계가 도출된다.

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a,b)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b,a) \quad \text{식 2.3}$$

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$$

여기서 A는 모든 대안 n의 집합을 말함.

식 2.3에서  $\Phi^+(a)$ 는 대안 a가 나머지 모든 대안의 선호지수의 평균으로 대안 a가 나머지 모든 대안을 지배하는(dominating) 정도를 나타낸다. 따라서  $\Phi^+(a)$ 가 클수록 대안 a가 나머지 대안들 보다 우월하다는 것을 의미한다. 반면  $\Phi^-(a)$ 는 나머지 모든 대안과 대안 a의 선호지수의 평균으로 대안 a가 나머지 모든 대안에 의하여 지배되는(dominated) 정도를 나타내며,  $\Phi^-(a)$ 가 클수록 대안 a가 나머지 대안들 보다 열등함을 의미한다. 즉, 대안 a의 유출량은 클수록, 유입량은 작을수록 대안 a가 대안 b보다 선호된다는 것이다. 선호의 순흐름량  $\Phi(a)$ 는 선호의 유출량  $\Phi^+(a)$ 에서 선호의 유입량  $\Phi^-(a)$ 을 차감한 값으로  $\Phi(a)$ 가 클수록 해당 대안이 우월한 대안임을 의미한다.

따라서 선호의 유출량과 유입량을 이용한 임의의 두 대안 a와 b의 선호관계는 다음과 같다. 대안 a가 대안 b보다 선호되는 것을 나타내는  $a P b$

와 대안  $a$ 와  $b$ 가 무차별, 즉 선호되는 정도가 동일함을 의미하는 선호관계  $aIb$ 로 다음 식 2.4와 같이 표현할 수 있다.

$$a P^+ b \text{ iff } \Phi^+(a) > \Phi^+(b)$$

$$a P^- b \text{ iff } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \quad \text{식 2.4}$$

$$a I^+ b \text{ iff } \Phi^+(a) = \Phi^+(b)$$

$$a I^- b \text{ iff } \Phi^-(a) = \Phi^-(b)$$

그리고 식 2.4의 선호관계를 기준으로 대안  $a$ 와  $b$ 의 순위선호체계 { P, I, R }를 정리하면 표 2.4와 같다.

표 2.4 PROMETEE 기법의 순위선호체계

구분	조건
$a P b$	$a P^+ b$ and $a P^- b$ $a P^+ b$ and $a I^- b$ $a I^+ b$ and $a P^- b$ 위의 세 가지 조건 중에서 최소한 한 가지 이상의 조건을 만족하면 대안 $a$ 는 대안 $b$ 에 대하여 순위선호관계에 있다.
$a I b$	$a I^+ b$ and $a I^- b$ 대안 $a$ 와 대안 $b$ 는 서로 무차별한 관계에 있다.
$a R b$	$a P b$ and $a I b$ 가 아닌 나머지 모든 경우, 대안 $a$ 와 대안 $b$ 는 비교 불가능한 관계에 있다.

표 2.4에서 비교 불가능한 관계는 무차별한 관계와는 다른 개념으로 예를 들어, 대안 a의 선호의 유출량과 선호의 유입량이 각각 0.7과 0.3이고, 대안 b의 선호유출량과 선호유입량이 0.5와 0.1인 경우 선호의 유출량 관점에서는 대안 a가 우월하나 선호의 유입량 관점에서는 대안 b가 우월하여 대안 a와 대안 b는 우열을 가리기 힘든 상황(incomparable relation)에 있음을 말한다. 이는 선호의 추이성(transitivity)과 비교 대안의 완전한 구분가능성(completeness)을 가정하고 있지 않기 때문이다.

이러한 비교불가능성이 실제 의사결정과정에서 존재하는 이유는 다음과 같이 세 가지로 정리할 수 있다.

첫째, 의사결정문제에 대한 정보의 부족 및 불확실성으로 인하여 평가자의 판단력이 흐려지기 때문이다.

둘째, 적합한 선호함수가 존재하지 않는 경우가 발생할 수 있기 때문이다.

셋째, 의사결정자의 선호에 대한 인식결여 또는 선호표현의 부정확성 등으로 비교가 불가능 할 수 있다.

한편 PROMETHEE 기법에서의 비교불가능성을 AHP 기법에서 선호 판단의 비일관성(inconsistency)과 유사한 개념이라고 생각 할 수 있으나 PROMETHEE 기법의 비교불가능성은 비교 대안의 선호판단과정(선호함수)에서 발생하는 것이 아니라 비교대안들의 평가순위를 결정하는 과정에서 파생된다는 점에서 AHP 기법의 비일관성과는 다르다고 볼 수 있다.

PROMETHEE 기법에서 대안들의 평가순위를 결정하는 방법으로는 선호의 유출량( $\phi^+$ )과 유입량( $\phi^-$ )을 이용하는 PROMETHEE I 과 선호의 순흐름량( $\phi$ )를 이용하는 PROMETHEE II가 있다. PROMETHEE I 은 선호의 유출량과 유입량을 이용하여 대안들의 우선순위(partial ranking)를 평가하게 되어 비교 불가능한 대안들에 대한 정보를 제공해 줄 수 있으나, PROMETHEE II는 모든 대안들의 우선순위(complete ranking)를 순흐름량을 이용하여 평가하기 때문에 비교불가능성에 대한 정보를 제공

하지 못한다.

PROMETHEE 기법은 그림 2.3과 같은 수행 절차를 갖는다.

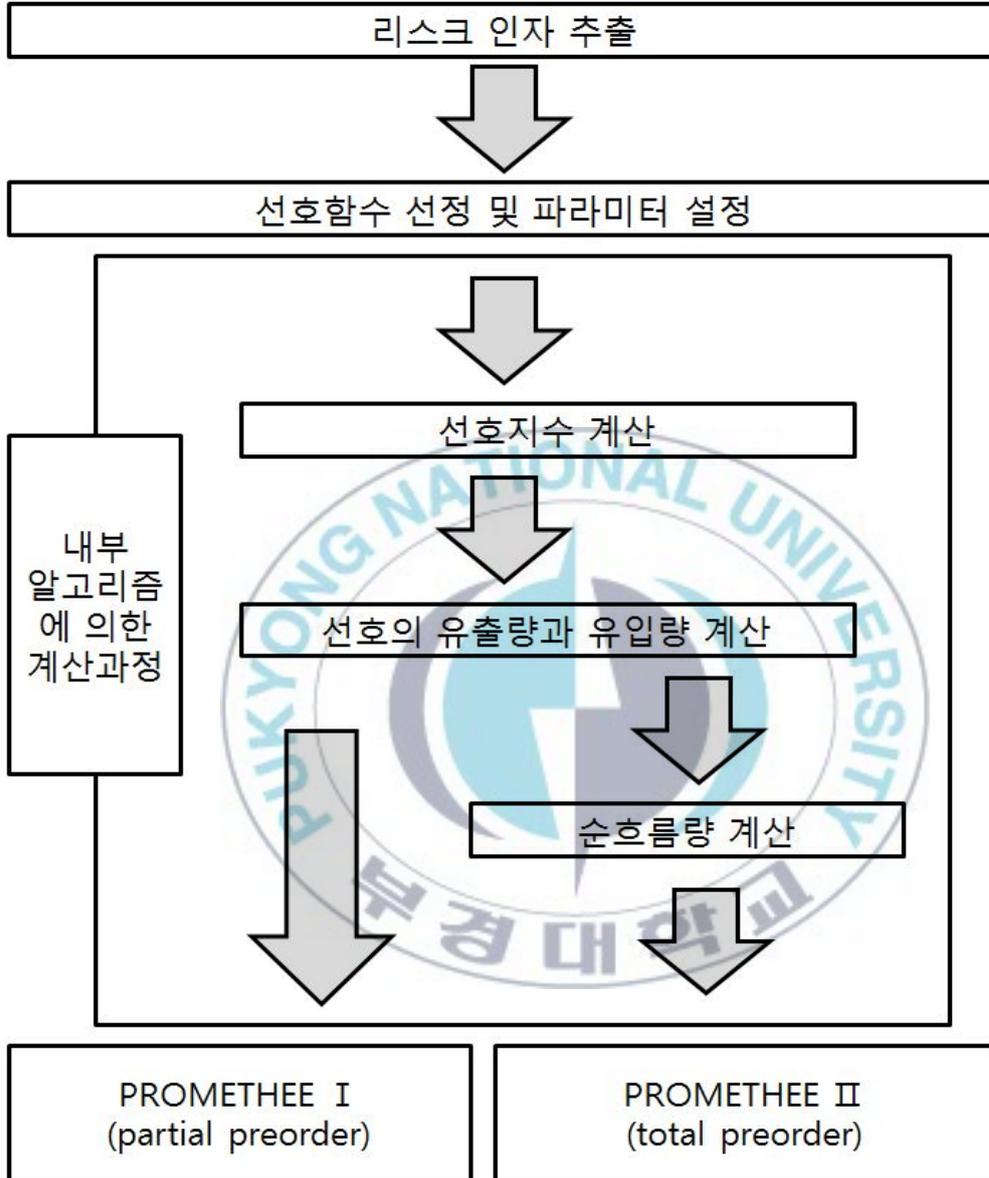


그림 2.3 PROMETHEE의 수행절차

PROMETHEE 기법을 활용하기 위해서는 평가의 기준에 대한 설정이

필요하며 6가지의 선호함수 중에 평가 기준에 가장 부합하는 선호함수를 선택하고, 이에 해당하는 파라미터를 설정한다. 다음으로 평가자에 의해서 평가기준에 대해 평가 항목들이 얼마나 중요한가를 정량적으로 평가한 평가지표를 산출해 낸다. 이러한 과정을 통해 평가자료를 작성하고, 이를 바탕으로 선호지수(preference index)를 계산한다. 선호지수를 계산한 값을 이용하여 유출량과 유입량을 계산한다. 계산과정에서 평가자료의 차이가 양수이면 해당 평가 함수의 값이 되지만 평가함수의 값이 음수가 되면 무조건 0의 값을 취한다. 여기에서 계산된 선호의 유출량과 유입량을 이용하여 부분적인 우선순위(partial ranking)인 PROMETHEE I을 구하고, 순흐름량(netflow)의 계산을 통해 전체적인 우선순위(complete ranking)인 PROMETHEE II를 구한다.

### 2.3.3 PROMETHEE 기법의 특징

PROMETHEE 기법이 갖는 특성은 다음과 같다.

첫째, PROMETHEE 기법에서 평가자가 평가기준별 선호함수와 선호임계치를 결정하면, 내부 알고리즘에 의하여 이원비교가 자동적으로 이루어지므로, 비교대안이 추가되거나 삭제되더라도 AHP기법에서처럼 이원비교를 다시 수행해야 하는 문제를 극복할 수 있다.<sup>9)</sup>

둘째, PROMETHEE 기법의 경우 어떠한 분류체계에도 적용이 가능하며 평가기준의 설정과 선호함수 및 파라미터를 설정하는 기본설정과정만 수행되어지면 평가항목의 수에 영향을 받지 않고 평가가 가능하다.<sup>10)</sup>

셋째, 순위선호개념을 이용하는 PROMETHEE 기법은 평가기준들 간의 상충관계로 인하여 평가가 곤란한 대안을 비교 불가능한 대안으로 분류

9) 민재형 외 1인, 다기준 의사결정기법의 비교 : PROMETHEE의 적용을 중심으로, 2003

10) 이장영, 건설관리에서의 PROMETHEE기법을 활용한 공정 리스크 중요도 분석, 경원대학교 석사학위논문, 2010

해 주는 장점이 있다.

넷째, PROMETHEE 기법은 평가기준별 가중치를 사전에 결정하여야 한다는 단점을 가지고 있다. 따라서 PROMETHEE 기법을 사용하기 위해서는 과거의 경험 및 의사결정자들의 의견수렴 과정을 통하여 평가기준의 가중치를 결정하여야 한다.

즉 PROMETHEE 기법은 가중치가 사전에 결정되어 있고, 선호함수를 의사결정자가 명확히 부여할 수 있는 상황에서 사용할 경우 MAUT나 AHP 기법보다 유용한 다기준의사결정 기법이라고 할 수 있다.



## 제3장 초고층 건축 시공 리스크 요인 도출

### 3.1 리스크 요인 도출

#### 3.1.1 전문가 면담조사 개요

본 연구에서는 건축프로젝트 리스크 요인들 중에서 초고층건축 공사 시공단계에서의 리스크 요인들을 도출하기 위해서 전문가와의 면담을 통해 실시하였다.

전문가 면담조사의 개요는 다음과 같다.

첫째, 일반적인 건축프로젝트와 초고층 건축프로젝트의 차이점에 대하여 논의하여 초고층 건축프로젝트가 가지는 문제점을 도출한다.

둘째, 전문가의 분야별 업무 중에서 초고층 건축 시공리스크의 범주에 관하여 정한다.

셋째, 정해진 각 범주별로 자세한 초고층 리스크 요인을 도출한다.

넷째, 도출된 리스크 요인에 대한 구체적인 내용을 작성한다.

마지막으로 분야별로 도출된 리스크 인자를 통합·분류한다.

면담조사를 실시한 전문가들의 개요는 다음 표 3.1과 같다.

표 3.1 전문가 기본개요

구분	소속	직위	경력	분야
전문가 1	H사	현장소장	20년 이상	건축시공
전문가 2	H사	기계설비 책임자	20년 이상	기계·설비
전문가 3	H·G사	CM 담당자	10년 이상	CM
전문가 4	G사	CM 책임자	10년 이상	CM / VE

### 3.1.2 전문가 면담조사 결과

각 전문가들과의 면담을 통해 도출된 초고층 건축 시공 리스크 인자들은 다음과 같다.

표 3.2는 건축시공 분야의 전문가가 도출한 리스크 인자로 주로 장비 및 공법에 관한 리스크 인자가 많이 도출 되었다.

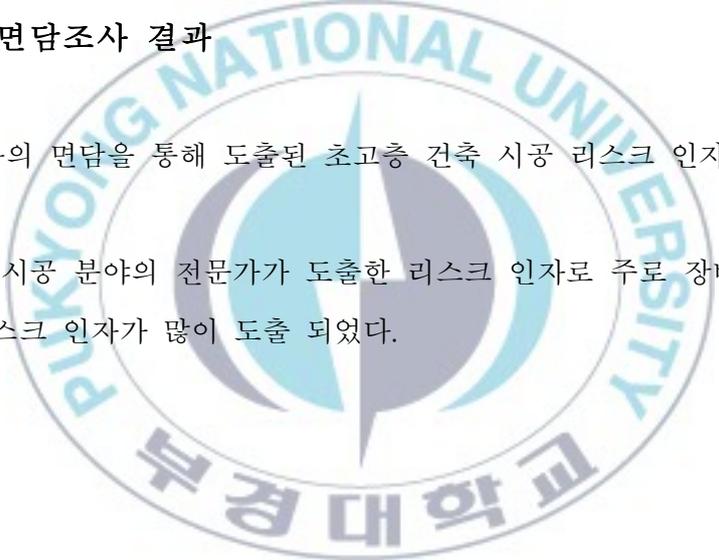


표 3.2 건축시공분야 전문가가 도출한 리스크

리스크	설명
양중장비계획	장비배치위치, 장비 효율성, 내부마감 지연
COLUMN SHORTEN 고려한 골조공사	콘크리트자중에 의한 처짐을 감안한 골조높이 조정 특히 코어내부와 슬라브 끝부분의 처짐량의 차이가 발생
FORMWORK 계획	조립식 또는 일체식, 장비를 이용한 거푸집이동 등에 따라 공기의 차이발생
마감층의 지수계획	초고층이기 때문에 전체 층에서 몇 개 층을 나누어 골조와 마감작업을 진행하므로 마감층상부에 지수계획필요
작업원의 자원배분	투입인원 및 투입자재의 균등한 배분에 의해 변화를 줄임
골조 수직도관리	골조의 수직차이로 인해 커튼월의 수직와 엘리베이터 수직운행에 지장초래
초고층을 감안한 구조계획	코어선행공법 및 중간층의 횡력에 대한 구조계획에 따라 공기 및 공사비 상승요인발생
CURTAIN WALL TYPE 선정	일체형 또는 스틱타입에 따라 공기 및 누수의 영향발생
CHIMNEY EFFECT 고려한 시공	엘레베이터 개폐 및 운행지장, 각종 도어 개폐 문제발생
방수공법 선정	화장실부위는 탄성을 고려한 재질선정
시공 중 화재에 대한 대처능력	구역별 감지 및 긴급조치 가능한 소방시설 설치
BUILDING WIND 억제방안 고려	빌딩풍을 억제할 수 있는 검토 및 필드테스트 실시
공정지연에 따른 만회방안	반복적인 공정에서 몇 개 공종의 지연 시 만회하기가 어려움
협력업체 부도에 따른 조치	즉각적인 조치 및 신규업체 투입조치
FOOTING CONCRETE 타설방법	기초콘크리트 두께가 3m이상인 경우 타설 시간의 차이로 인해 양생속도가 틀려 지연성 검토
기상에 따른 공기 만회 방안	협력업체의 탄력적인 휴무조정 및 가설차단막 조치
직원의 수행능력 정도	경험 및 지식의 정도에 따라 공기 및 품질수준 상이
양중장비 해체 시기	엘레베이터 조기 사용으로 마감공사 조기 착수가능
고강도CONCRETE 타설 방안	건물높이에 따라 타설방법 및 압송관의 지속적인 두께 관리
COLUMN SHORTEN 에 따른 마감재 시공방안	지속적인 처짐이 발생되므로 처짐에 대처할 수 있는 완충장치 조치
관리자 현장 경험 부족	초고층프로젝트 현장경험의 부족으로 인한 문제
작업 품질 관리 미흡으로 인한 하자 발생	단계별 공중진행
인력 수급의 어려움	마무리 시 전문인력의 철수
자재시황에 의한 수급문제	자재비의 급등에 공기지연우려
불량자재 반입	지속적인 자재검수 필요
구조물, 자재, 장비 등의 손상 또는 화재	대형사고 우려
부적절 공법 사용	경험부족 및 경제성만 고려한 부적절한 공법 선정우려
신기술 적용 미흡	검증이 되지 않은 공법적용 시 파급효과가 큼
설계도서와 현장여건의 상이	현장을 고려하지 않은 도서발생
골조와 마감도면 불일치	사전검토 부족

표 3.3은 기계설비 분야의 전문가가 도출한 리스크로 자재 및 장비에 관한 리스크 인자가 많이 도출 되었다.

표 3.3 기계설비분야 전문가가 도출한 리스크

리스크	설명
자재(장비,) 투입계획	공간협소에 대한 시차적, 공간적 리스크 수직, 수평 이동로 사전에 계획해서 투입시점에 대비
자재 양중장비 계획	부피와 무게를 고려한 양중장비의 적합한 선정
자재(장비) 투입구 계획	수직과 수평으로 이동하는 자재동선을 계획해서 투입시 점에 공사 공정 상태에 따라 적합한 운송이 되도록 대비
풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	초고층에서 기상조건에 영향을 받는 기기가 정상적으로 운영될 수 있도록 성능을 고려
비레, 낙하, 추락 대비 계획	공사 중 높은 초고층에서 비레, 낙하물의 이동거리가 길 고 중대 재해 위험이 있으므로 이에 대비한 계획
신축·변위 대비 계획	공사 중 또는 공사완공 이후에 지속적으로 변화하는 구 조체에 적합한 계획
배관 내 압력 제어 계획	공사 중 또는 공사완공 이후에 초고층의 높이에 따른 높 은 압력에 대한 위험대비, 오류 발생 시에 대비한 안전대 책 포함
공사 중 재난 대비 계획	공사 중 또는 공사완공 이후에 자연재해와 화재 등의 재 난에 대비한 계획
인력·자재 동선, 야적 계획	작은 대지면적 안에서 초고층(연면적이 큼)시공 중에 대 량의 자재와 인력 소화방안 계획
지하 유입수 관리 계획	공사 중 지하 또는 지표면수의 단지 내 유입으로 인한 위험대비
에너지 소비 계획	초고층은 대형 건축물로 에너지 대량 소비 건축물이므로 인입 가능성과 소비량에 대한 계획

표 3.4는 CM 분야의 전문가가 도출한 리스크 인자로 주로 공법에 대한 리스크 인자가 많이 도출 되었다.

표 3.4 CM분야 전문가가 도출한 리스크

리스크	설명
계측기술	초고층 수직도 / 시공측량의 정확성 흙막이벽체 변위 / 지하수 수위 계측관리(붕괴 및 침하방지)
골조 분리타설	분리 타설로 작업 지연/휴무 방지
수화열 관리	Mass Concrete 수화열 및 양생 관리
기둥 축소량	Column Shortening에 의한 부등 축소량 관리(크랙, 처짐)
가설장비운영	수직공사에 따른 가설장비의 최적 설치 위치 및 운영방식 선정
Sky Deck 등 거푸집 폼 시스템	초고층 반복작업에 따른 생산성이 높고 안전한 시스템 채택
조인트 줄눈	이어치기(Construction Joint) 및 지연줄눈(Delay Joint) 등 관리
양중장비 설치/해체	초고층 양중장비의 설치해체에 따른 안전관리
자재인양	자재인양에 따른 안전관리
고강도 콘크리트	고강도 콘크리트의 설계강도 확보
바람에 대한 영향	초고층 작업에 따른 바람에 대한 추락/전도방지
철골 TMCP강 용접관리	후관용접에 따른 예열관리 및 용접불량 방지
Hoist 이동	Hoist를 이용한 인력/자재 수직이동 동선확보
ACS/RCS 시스템	안전하고 효율적인 외부 시스템 비계의 채용
초고층 추락방지	추락방지망, 낙하물방지대, 철골작업 안전그물/ 안전띠 설치
철근 기계식이음(커플러) 조립	대구경 철근 작업효율을 높이고, 이음철근 Loss방지
고압펌프 CPB (타설장비 성능)	고층부 콘크리트타설을 위한 고압펌프 장비 확보
커튼월 단열바 유리선정	커튼월 침기 및 결로문제 방지, 단열성능 확보
자재반입 Delivery	자재생산/가공운반/현장반입일정 준수하여 작업지연 방지
마감공사 Crew Organization 공정 연속성	마감공사 연속작업구성을 통한 지역착수, 공정지연 예방
Outrigger & Belt Truss 시공	Outrigger & Belt Truss 등 특수층 시공계획수립으로 지연방지
Long Lead Item	철골 Built-up 부재, 엘리베이터, 커튼월 등 장기 제작공정 관리

## 3.2 리스크 분류

3.1절에서 전문가 면담을 통해 도출된 리스크를 통합·분류하였다. 먼저 각 전문가들이 도출한 리스크 중 비슷한 유형의 리스크를 묶어서 하나의 리스크로 만들었다. 이렇게 하나의 리스크로 만든 후 전문가와의 면담을 통해 일반적인 건축공사에서도 자주 발생하는 리스크를 제외하고 초고층 건축 시공 중에 자주 발생하는 리스크를 도출했다. 그 후 현장공사 관리 생산 수단 4M<sup>11)</sup>에 관리(Management)를 포함하여 5M을 기준으로 리스크를 분류하였다.

분류된 리스크를 정리하면 다음 표 3.5와 같다. 초고층 건축 시공리스크는 주로 공법에 관한 리스크 인자가 많이 도출된 것을 알 수 있다.



---

11) 현장공사관리 생산수단 4가지 4M

1.사람(Men) 2.재료(Materials) 3.기계(Machines) 4.공법(Methods)

표 3.5 초고층 건축 시공리스크 인자

	5M	리스크
초고층 건축 시공리스크	장비 및 기계 (Machine)	양중장비 계획
		초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획
		가설장비 계획
		콘크리트 타설 방안
		풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획
		배관 내 압력 제어 계획
	공법 (Method)	CURTAIN WALL 선정
		연돌효과를 고려한 시공
		골조의 신축·변위를 고려한 시공계획
		빌딩풍 억제방안 고려
		신기술 적용 미흡
		부적절 공법 사용
		계측기술
		초고층을 고려한 구조계획
		초고층에 따른 기초 계획
		Outrigger & Belt Truss 시공
		마감층의 지수계획
		거푸집 폼 시스템 계획
	수화열 관리	
	골조 분리타설	
	관리 (Management)	에너지 소비 계획
		공기지연 발생 시 만회방안
		시공 중 재난 대비 계획
		Long Lead Item
	자재 (Material)	자재 수급 분배계획
		자재, 장비 투입계획
		고강도 콘크리트
	인력 (Man)	인력 수급 분배계획
관리자 현장 경험 부족		

### 3.3 분석기준 설정

본 연구에서는 초고층 건축 시공리스크의 중요도를 분석하기 위하여 PROMETHEE 기법을 적용하였다. PROMETHEE 기법은 다기준의사결정 기법의 하나로서 PROMETHEE 기법을 적용하기 위해서 리스크를 분석하기 위한 평가 기준의 설정이 요구된다. 이에 본 연구에서는 기술관리, 성능관리, 안전관리, 일정관리 이상의 4가지를 초고층 건축 시공리스크 중요도 평가의 평가기준으로 설정하였으며, 이 네 가지 평가기준은 다음 표 3.6과 같이 정의한다.

표 3.6 평가기준의 정의

구분	정 의
기술관리	초고층 건축 시공에 있어 공법을 비롯한 기술적용 등의 과정에 영향을 미치는 리스크
성능관리	초고층 건축 시공의 각 항목별 요구되는 품질·성능 등에 영향을 미치는 리스크
안전관리	초고층 건축 시공에 있어 안전상의 문제를 야기 시키는 리스크
일정관리	초고층 건축 시공에 있어 공기지연 등 일정관리에 대해 영향을 미치는 리스크

이 네 가지 평가기준을 가지고 리스크 인자들이 초고층 건축 시공에 미치는 영향에 대한 평가가 이루어진다.

## 제4장 PROMETHEE기법을 활용한 리스크 분석

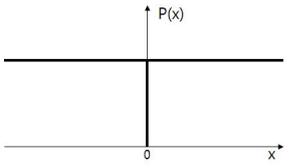
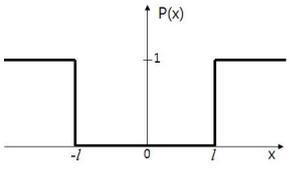
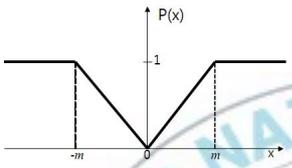
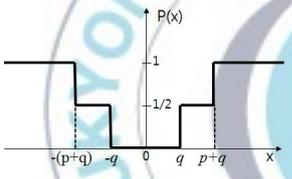
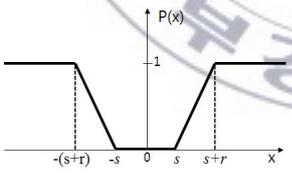
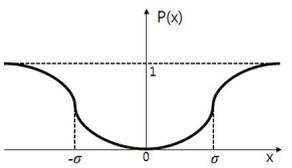
### 4.1 기본설정

PROMETHEE 기법을 활용하기 위해서 기본적인 평가기준의 설정이 필요하다. 평가기준은 평가항목이 어느 정도의 중요도를 가지는지에 대한 평가를 수행하는데 있어 기준을 제시해야한다. 분석을 위한 초고층 건축 시공 리스크 인자는 3.2절에서 도출 하였고, 초고층 건축 시공리스크 분석을 위한 평가기준은 3.3절에서 도출하였다.

#### 4.1.1 선호함수 유형별 특징

Brans와 Vincke는 PROMETHEE 기법을 활용하기 위한 선호함수를 6가지로 정의하였으며, 평가자는 6가지의 선호함수 중 평가기준의 특성에 맞는 선호함수를 선택해야 하며, 해당되는 선호함수의 파라미터를 설정해야 한다. 이에 본 연구에서는 Brans와 Vincke가 정의한 6가지 선호함수의 유형별 특징을 초고층 건축 시공 리스크 중요도 산출에 적용 가능하도록 다음 표 4.1과 같이 재구성했다.

표 4.1 선호함수의 유형별 특징

선호함수 유형		특징
1. 미분형		<p>리스크 발생 시 리스크 강도와 상관없이 초고층공사 시공에 영향을 미치는 유형</p>
2. U형		<p>리스크 발생 시 리스크 강도에 따라 특정강도(l) 까지는 초고층공사 시공에 영향을 미치지 못하지만 특정강도를 초과하면 초고층공사 시공에 영향을 미치는 유형</p>
3. V형		<p>리스크 발생 시 리스크 강도의 증가에 따라 특정강도(m) 까지 초고층공사 시공에 미치는 영향이 일정하게 증가하는 유형</p>
4. 계단형		<p>리스크 발생 시 리스크 강도가 특정강도(q) 초과 시 1차적으로 초고층공사 시공에 미치는 영향이 나타나며, 그 영향이 두 번째 특정강도(p+q)까지 유지되다가 두 번째 특정강도(p+q) 초과 시 초고층공사 시공에 미치는 영향이 증가하여 나타나는 유형</p>
5. 선형		<p>리스크 발생 시 특정강도(s)까지 초고층공사 시공에 영향을 미치지 않고, 이 강도에서부터 두 번째 특정강도(s+r)까지 초고층공사 시공에 미치는 영향이 일정하게 증가하는 유형</p>
6. 정규분포형		<p>리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 초고층공사 시공에 미치는 영향이 특정강도(sigma)까지 완만하다가 특정강도(sigma) 초과 시에는 초고층공사 시공에 미치는 영향이 급격하게 증가하는 유형</p>

이렇게 재구성한 특징을 바탕으로 설문을 통하여 초고층 건축 시공리스크 평가기준별 선호함수를 선택한다.

#### 4.1.2 평가지표 산출기준 설정

PROMETHEE 기법을 활용하기 위해서 3.3절에서 도출된 기술관리, 성능관리, 안전관리, 일정관리의 네 가지 평가기준에 대한 평가지표 산출기준은 PDRI(Project Definition Rating Index)에서의 정의수준을 활용하였다. PDRI는 3개 부(section), 11개 범주(categories), 64개 요소(element)로 구성되어 있으며, 64개의 요소는 PDRI의 평가기준에 따라 0에서부터 5까지 평가된다. 다음 표 4.2는 PDRI의 평가기준을 나타낸 것이다.

표 4.2 PDRI의 평가기준

점수	평가기준
0	해당되지 않음(Not Applicable)
1	명확하게 규명됨(Complete Definition)
2	모호하게 규명됨(Minor Definition)
3	약간의 결함이 존재함(some Deficiencies)
4	중대 결함이 존재함(Major Deficiencies)
5	불명확하게 규명됨(Incomplete or Poor Definition)

본 논문에서는 PDRI에서의 정의수준을 활용하여 본 연구에 적합하도록 표 4.3과 같이 평가지표 산출기준을 재구성하였다. 재구성된 평가지표 산출기준은 항목의 평가에 있어서 평가자들 간의 의사소통 기준 및 리스크항목

을 평가하는 기준으로 활용된다. 평가자들은 표 4.3의 평가지표 산출기준에 의거하여 각 평가항목의 평가지표를 산출한다.

표 4.3 평가지표 산출기준

평가지표	평가기준
0	리스크인자의 발생이 없다.
1	리스크인자의 발생 가능성이 매우 낮고, 발생 시 초고층 건축 시공에 미치는 영향이 매우 작다.
2	리스크인자의 발생 가능성이 낮고, 발생 시 초고층 건축 시공에 미치는 영향이 작다.
3	리스크인자의 발생 가능성이 어느 정도 예상되고, 발생 시 초고층 건축 시공에 영향을 미친다.
4	리스크인자의 발생 가능성이 높고, 발생 시 초고층 건축 시공에 미치는 영향이 크다.
5	리스크인자의 발생 가능성이 매우 높고, 발생 시 초고층 건축 시공에 매우 큰 영향을 미친다.

## 4.2 평가자료 작성

PROMETHEE 기법을 활용한 초고층 건축 시공리스크 중요도 분석을 위해서 각 평가항목에 대한 평가자료를 4.1절에서 제시된 내용을 바탕으로 작성한다. 먼저 각 평가기준의 특성에 맞는 선호함수를 선정한다. 선호함수 및 평가지표는 표 4.4에 제시된 대상으로 하여 진행한 설문조사를 통해서 도출하였다.

표 4.4 평가자료 작성을 위한 설문조사의 대상

구분	업무영역	주업무	경력
설문자 1	건축	CM	20년 이상
설문자 2	기계설비	시공	20년 이상
설문자 3	기계설비	시공	20년 이상
설문자 4	건축	시공	15년 ~ 20년
설문자 5	기계설비	시공	20년 이상
설문자 6	소방	CM	10년 ~ 15년
설문자 7	기계설비, 소방	시공	20년 이상
설문자 8	건축	CM	10년 ~ 15년
설문자 9	건축	시공	20년 이상
설문자 10	건축	시공	20년 이상
설문자 11	건축	시공	15년 ~ 20년
설문자 12	건축	시공	15년 ~ 20년
설문자 13	건축	시공	15년 ~ 20년
설문자 14	건축	시공	10년 ~ 15년
설문자 15	기계설비	시공	20년 이상
설문자 16	기계설비	시공	15년 ~ 20년
설문자 17	전기설비, 소방	시공	20년 이상
설문자 18	전기설비, 소방	시공	15년 ~ 20년
설문자 19	전기설비	시공	15년 ~ 20년

본 연구에서는 초고층 건축 시공리스크 항목을 대상으로 초고층 건축 시공에 대한 중요도 분석을 실시하였다. 중요도 분석을 위하여 먼저 기준이

되는 평가항목의 선호함수 유형에 대한 설문조사를 실시하였다.

다음 표 4.5는 평가항목 기술관리 부문에서 리스크 인자들과 초고층 건축 시공과의 관계에 가장 적합한 선호함수의 유형을 설문한 결과이다.

표 4.5 기술관리의 선호함수 유형 설문조사

구분	미분형	U형	V형	계단형	선형	정규 분포형
설문자 1				√		
설문자 2			√			
설문자 3			√			
설문자 4			√			
설문자 5			√			
설문자 6			√			
설문자 7					√	
설문자 8		√				
설문자 9			√			
설문자 10			√			
설문자 11				√		
설문자 12					√	
설문자 13				√		
설문자 14				√		
설문자 15					√	
설문자 16			√			
설문자 17			√			
설문자 18				√		
설문자 19			√			
합 계	0	1	10	5	3	0

다음 표 4.6은 평가항목 성능관리 부문에서 리스크 인자들과 초고층 건축 시공과의 관계에 가장 적합한 선호함수의 유형을 설문한 결과이다.

표 4.6 성능관리의 선호함수 유형 설문조사

구분	미분형	U형	V형	계단형	선형	정규 분포형
설문자 1			✓			
설문자 2			✓			
설문자 3				✓		
설문자 4				✓		
설문자 5			✓			
설문자 6			✓			
설문자 7			✓			
설문자 8		✓				
설문자 9				✓		
설문자 10			✓			
설문자 11			✓			
설문자 12		✓				
설문자 13			✓			
설문자 14			✓			
설문자 15			✓			
설문자 16				✓		
설문자 17			✓			
설문자 18			✓			
설문자 19			✓			
합 계	0	2	13	4	0	0

다음 표 4.7은 평가항목 안전관리 부문에서 리스크 인자들과 초고층 건축 시공과의 관계에 가장 적합한 선호함수의 유형을 설문한 결과이다.

표 4.7 안전관리의 선호함수 유형 설문조사

구분	미분형	U형	V형	계단형	선형	정규 분포형
설문자 1						√
설문자 2			√			
설문자 3			√			
설문자 4			√			
설문자 5						√
설문자 6			√			
설문자 7			√			
설문자 8				√		
설문자 9				√		
설문자 10				√		
설문자 11			√			
설문자 12	√					
설문자 13		√				
설문자 14			√			
설문자 15			√			
설문자 16					√	
설문자 17			√			
설문자 18				√		
설문자 19		√				
합 계	1	2	9	4	1	2

다음 표 4.8은 평가항목 일정관리 부문에서 리스크 인자들과 초고층 건축 시공과의 관계에 가장 적합한 선호함수의 유형을 설문한 결과이다.

표 4.8 일정 관리의 선호함수 유형 설문조사

구분	미분형	U형	V형	계단형	선형	정규 분포형
설문자 1				✓		
설문자 2			✓			
설문자 3			✓			
설문자 4			✓			
설문자 5			✓			
설문자 6			✓			
설문자 7						✓
설문자 8					✓	
설문자 9				✓		
설문자 10				✓		
설문자 11			✓			
설문자 12			✓			
설문자 13				✓		
설문자 14			✓			
설문자 15				✓		
설문자 16			✓			
설문자 17			✓			
설문자 18				✓		
설문자 19						✓
합 계	0	0	10	6	1	2

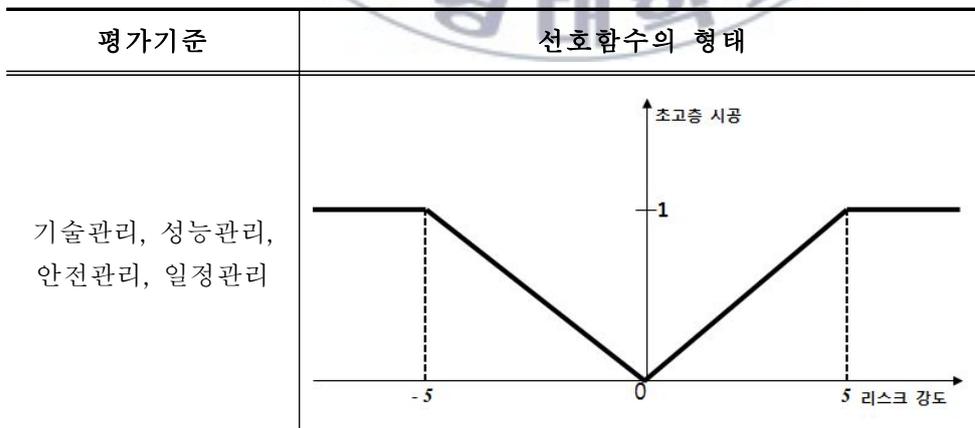
표 4.9는 평가기준별 선호함수 유형 선택 설문조사 결과를 정리한 것이다.

표 4.9 평가기준별 선호함수 설문조사 결과

구분	기술관리	성능관리	안전관리	일정관리
미분형	0	0	1	0
U형	1	2	2	0
V형	10	13	9	10
계단형	5	4	4	6
선형	3	0	1	1
정규분포형	0	0	2	2

전문가 설문조사 결과에 따라 기술관리, 성능관리, 안전관리, 일정관리의 네 가지 평가기준 모두 V형의 선호함수를 선택하였으며, V형의 선호함수는 평가지표의 최대값이 5 이므로 파라미터(m)의 값은 5로 설정한다. 이러한 선호함수의 형태를 초고층 건축 시공리스크 중요도 분석에 적합한 형태로 바꾸면 다음 표 4.10과 같이 나타낼 수 있다.

표 4.10 평가기준 별 선호함수의 형태



각 평가항목의 평가지표는 평가지표 산출기준에 의하여 설문된 설문결과를 종합하여 각 평가자가 선정한 평가지표의 합을 평가자의 수로 나눈 평균값(평가지표의합/평가자수)로 산출하고, 산출된 값이 클수록 더 위험한 항목이므로 최대화(maximum)의 문제로 정의된다. 평가기준 별 가중치는 각 프로젝트 및 사용자에게 따라 달라질 수 있으므로 본 연구에서는 동일한 가중치를 적용하였다. 위 내용과 설문자료를 토대로 초고층 건축 시공리스크 중도도 산출을 위한 평가자료를 작성한다.

다음 표 4.11은 PROMETHEE 기법을 활용한 초고층 건축 시공리스크의 중요도 산출을 위한 기본적인 평가자료를 작성한 것이다. 각 항목의 평가지표는 설문결과를 종합하여 각 평가자가 선정한 평가지표의 합을 평가자의 수로 나눈 평균값(평가지표의 합/평가자 수)을 사용하였으며, 선호함수 또한 설문을 통해 도출된 값을 사용하였다.



표 4.11 초고층 건축 시공리스크의 중요도 산출을 위한 평가자료

평가항목	평가기준	기술 관리	성능 관리	안전 관리	일정 관리
	Max/Min	Max	Max	Max	Max
01. 양중장비 계획		3.842	3.211	4.158	4.000
02. 초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획		3.105	2.895	4.368	2.947
03. 가설장비 계획		3.105	3.053	3.263	3.368
04. 콘크리트 타설 방안		3.421	2.842	2.947	3.368
05. 풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획		3.684	3.684	3.368	3.105
06. 배관 내 압력 제어 계획		3.737	3.421	3.105	2.947
07. CURTAIN WALL 선정		3.895	3.789	3.421	3.737
08. 연돌효과를 고려한 시공		3.947	3.737	2.684	2.895
09. 골조의 신축·변위를 고려한 시공계획		4.211	3.895	3.368	3.211
10. 빌딩풍 억제방안 고려		2.947	2.737	2.684	2.316
11. 신기술 적용 미흡		2.737	2.579	2.368	2.684
12. 부적절 공법 사용		3.000	3.211	3.000	3.526
13. 계측기술		3.632	3.526	2.895	3.000
14. 초고층을 고려한 구조계획		4.158	4.053	3.316	3.421
15. 초고층에 따른 기초 계획		4.158	4.000	3.368	3.579
16. Outrigger & Belt Truss 시공		3.737	3.895	3.526	4.000
17. 마감층의 지수계획		3.158	3.000	2.263	2.474
18. 거푸집 폼 시스템 계획		3.474	3.053	3.053	3.368
19. 수화열 관리		3.368	3.158	2.263	2.842
20. 골조 분리타설		2.842	2.684	2.579	3.000
21. 에너지 소비 계획		3.158	3.316	2.158	2.632
22. 공기지연 발생 시 만회방안		3.211	3.053	3.316	4.105
23. 시공 중 재난 대비 계획		2.947	2.789	4.263	2.684
24. Long Lead Item		3.000	3.105	2.474	3.000
25. 자재 수급 분배계획		3.053	2.789	2.474	3.632
26. 자재, 장비 투입계획		3.105	2.895	2.895	3.421
27. 고강도 콘크리트		3.000	3.211	2.158	2.789
28. 인력 수급 분배계획		3.053	2.895	3.632	3.579
29. 관리자 현장 경험 부족		3.737	3.474	3.895	3.789
선호함수		V형	V형	V형	V형
가중치		0.25	0.25	0.25	0.25
파라미터		m=5	m=5	m=5	m=5

### 4.3 선호지수 계산

표 4.11에서 작성된 내용을 기반으로 선호지수를 계산한다. 선호지수의 계산은 다음과 같은 계산과정을 통해 이루어진다. 평가기준  $h$ (기술관리, 성능관리, 안전관리, 일정관리)에 대한 두 리스크  $a, b$ 의 평가지표를 각각  $g_h(a), g_h(b)$ 라고 할 때, 편차  $d_h$ 는 두 평가지표의 차이로서 식 4.1과 같이 나타낼 수 있다.

$$d_h(a, b) = g_h(a) - g_h(b) \quad \text{식 4.1}$$

따라서 두 리스크의 차이에 대하여 평가기준  $h$ 에 대한 선호 함수에 대응하는 값을  $P_h$ 로 정의하면 다음 식 4.2와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_h(a, b) = F_h[d_h(a, b)], \forall a, b \in A \quad \text{식 4.2}$$

여기서  $F_h$ 는 각 평가기준의 선호함수에 해당하는 수식을 뜻하며,  $A$ 는 모든 대안들의 집합을 말한다. 각 리스크의 평가기준  $h$ 에 대한 선호 함수에 대응하는  $P_h$ 의 값은 일종의 표준화 과정으로 식 4.3과 같이 0과 1사이의 값으로 나타내며, 모든 기준의 선호함수에 적용된다.

$$0 \leq P_h(a, b) \leq 1 \quad \text{식 4.3}$$

또한 리스크  $a$ 가 리스크  $b$ 보다 선호되는 경우 리스크  $b$ 에 대한 리스크  $a$ 의 평가기준  $h$ 에 대한 선호함수에 대응하는  $P_h$ 의 값은 음(-)의 값이 산출

되므로 이러한 경우에는 식 4.4와 같이 0의 값으로 산출된다.

$$P_h(a,b) > 0 \rightarrow P_h(b,a) = 0 \quad \text{식 4.4}$$

식 4.1 ~ 식 4.4에 의하여 정의된 평가기준  $h$ 에 대한 선호함수에 대응하는  $P_h$ 의 값을 바탕으로 식 4.5에 의하여 계산하면 표 4.12, 표 4.12-2, 표 4.12-3의 선호지수를 구할 수 있다. 식 4.5의  $w_h$ 는 평가기준  $h$ 의 가중치를 나타낸다.

$$\pi(a,b) = \sum_{h=1} w_h P_h(a,b) \quad \text{식 4.5}$$

다음 표 4.12-1, 표 4.12-2, 표 4.12-3은 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출을 위한 선호지수를 계산한 값이다.

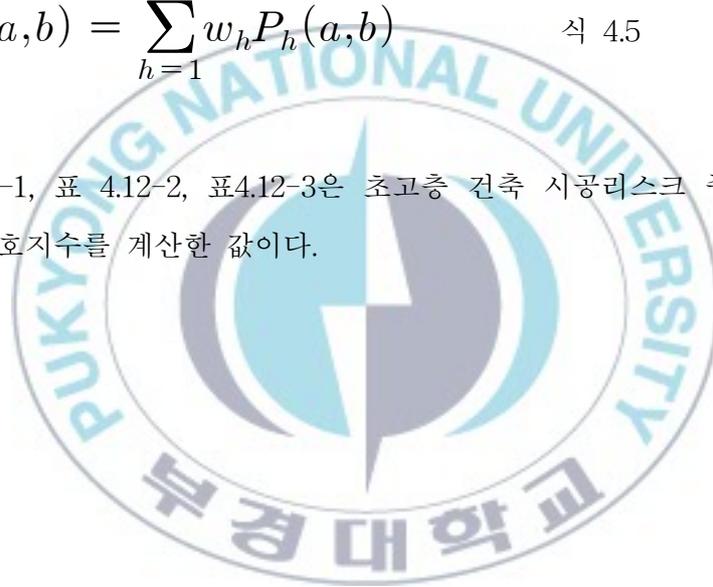


표 4.12-1 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출을 위한 선호지수 I

$\pi(a,b)$	01. 양중장비 계획	02. 초고층 비레, 낙하, 추락 대비계획	03. 가설장비 계획	04. 콘크리트 타설 방안	05. 풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	06. 배관 내 압력 제어 계획	07. CURTAIN WALL 선정	08. 연돌효과를 고려한 시공	09. 골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	10. 빌딩풍 억제방안 고려
01. 양중장비 계획	-	0.105	0.121	0.132	0.092	0.111	0.050	0.129	0.079	0.226
02. 초고층 비레, 낙하, 추락 대비계획	0.011	-	0.055	0.074	0.050	0.063	0.047	0.087	0.050	0.132
03. 가설장비 계획	0.000	0.029	-	0.026	0.013	0.029	0.000	0.053	0.008	0.105
04. 콘크리트 타설 방안	0.000	0.037	0.016	-	0.013	0.021	0.000	0.037	0.008	0.095
05. 풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	0.024	0.076	0.066	0.076	-	0.034	0.000	0.045	0.000	0.158
06. 배관 내 압력 제어 계획	0.011	0.058	0.050	0.053	0.003	-	0.000	0.024	0.000	0.126
07. CURTAIN WALL 선정	0.032	0.124	0.103	0.113	0.050	0.082	-	0.082	0.029	0.208
08. 연돌효과를 고려한 시공	0.032	0.084	0.076	0.071	0.016	0.026	0.003	-	0.000	0.129
09. 골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	0.053	0.118	0.103	0.113	0.042	0.074	0.021	0.071	-	0.200
10. 빌딩풍 억제방안 고려	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-
11. 신기술 적용 미흡	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018
12. 부적절 공법 사용	0.000	0.045	0.016	0.029	0.021	0.029	0.000	0.047	0.016	0.103
13. 계층기술	0.016	0.061	0.050	0.045	0.000	0.008	0.000	0.016	0.000	0.118
14. 초고층을 고려한 구조계획	0.058	0.134	0.108	0.118	0.058	0.087	0.026	0.084	0.018	0.213
15. 초고층에 따른 기초 계획	0.055	0.139	0.116	0.126	0.063	0.095	0.024	0.092	0.024	0.221
16. Outrigger & Belt Truss 시공	0.034	0.134	0.118	0.129	0.066	0.097	0.024	0.105	0.047	0.224
17. 마감층의 지수계획	0.000	0.008	0.003	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032
18. 거푸집 폼 시스템 계획	0.000	0.047	0.018	0.018	0.013	0.021	0.000	0.042	0.008	0.113
19. 수화열 관리	0.000	0.026	0.018	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.068
20. 골조 분리타설	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.005	0.000	0.034
21. 에너지 소비 계획	0.005	0.024	0.016	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055
22. 공기지연 발생 시 만회방안	0.005	0.071	0.045	0.066	0.050	0.068	0.018	0.092	0.045	0.150
23. 시공 중 재난 대비 계획	0.005	0.000	0.050	0.066	0.045	0.058	0.042	0.079	0.045	0.100
24. Long Lead Item	0.000	0.013	0.003	0.013	0.000	0.003	0.000	0.005	0.000	0.055
25. 자재 수급 분배계획	0.000	0.034	0.013	0.013	0.026	0.034	0.000	0.037	0.021	0.074
26. 자재, 장비 투입계획	0.000	0.024	0.003	0.005	0.016	0.024	0.000	0.037	0.011	0.082
27. 고강도 콘크리트	0.000	0.016	0.008	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050
28. 인력 수급 분배계획	0.000	0.032	0.029	0.047	0.037	0.058	0.011	0.082	0.032	0.124
29. 관리자 현장 경험 부족	0.013	0.103	0.105	0.116	0.063	0.084	0.026	0.105	0.055	0.211

표 4.12-2 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출을 위한 선호지수 II

$\pi(a,b)$	11. 신기술 적용 비율	12. 부적절 공법 사용	13. 계측기술	14. 초고층을 고려한 구조계획	15. 초고층에 따른 기초계획	16. Outrigger & Belt Truss 시공	17. 마감층의 지수계획	18. 거푸집 폼 시스템 계획	19. 수화열 관리	20. 골조 분리타설
01. 양중장비 계획	0.242	0.124	0.124	0.071	0.061	0.037	0.216	0.113	0.179	0.205
02. 초고층 비레, 낙하, 추락 대비계획	0.147	0.074	0.074	0.053	0.050	0.042	0.129	0.066	0.111	0.113
03. 가설장비 계획	0.121	0.018	0.037	0.000	0.000	0.000	0.097	0.011	0.076	0.084
04. 콘크리트 타설 방안	0.111	0.021	0.021	0.000	0.000	0.000	0.092	0.000	0.063	0.074
05. 풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	0.174	0.076	0.039	0.003	0.000	0.000	0.147	0.058	0.111	0.137
06. 배관 내 압력 제어 계획	0.142	0.053	0.016	0.000	0.000	0.000	0.116	0.034	0.079	0.108
07. CURTAIN WALL 선정	0.224	0.105	0.089	0.021	0.011	0.008	0.197	0.095	0.161	0.187
08. 연돌효과를 고려한 시공	0.145	0.074	0.026	0.000	0.000	0.011	0.118	0.058	0.082	0.113
09. 골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	0.216	0.113	0.082	0.005	0.003	0.024	0.189	0.095	0.153	0.179
10. 빌딩풍 억제방안 고려	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.000	0.021	0.013
11. 신기술 적용 비율	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.005	0.000
12. 부적절 공법 사용	0.118	-	0.032	0.005	0.000	0.000	0.100	0.016	0.074	0.082
13. 계측기술	0.134	0.047	-	0.000	0.000	0.000	0.108	0.032	0.071	0.097
14. 초고층을 고려한 구조계획	0.229	0.116	0.095	-	0.003	0.029	0.203	0.100	0.166	0.192
15. 초고층에 따른 기초 계획	0.237	0.118	0.103	0.011	-	0.026	0.211	0.108	0.174	0.200
16. Outrigger & Belt Truss 시공	0.239	0.121	0.105	0.039	0.029	-	0.213	0.111	0.176	0.203
17. 마감층의 지수계획	0.042	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.032
18. 거푸집 폼 시스템 계획	0.129	0.026	0.026	0.000	0.000	0.000	0.103	-	0.071	0.092
19. 수화열 관리	0.068	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.005	-	0.050
20. 골조 분리타설	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.000	0.024	-
21. 에너지 소비 계획	0.058	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.013	0.008	0.047
22. 공기지연 발생 시 만회방안	0.166	0.055	0.076	0.034	0.026	0.005	0.139	0.050	0.116	0.129
23. 시공 중 재난 대비 계획	0.116	0.063	0.068	0.047	0.045	0.037	0.111	0.061	0.100	0.095
24. Long Lead Item	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042	0.003	0.018	0.029
25. 자재 수급 분배계획	0.079	0.008	0.032	0.011	0.003	0.000	0.068	0.013	0.050	0.047
26. 자재, 장비 투입계획	0.097	0.005	0.021	0.000	0.000	0.000	0.079	0.003	0.061	0.061
27. 고강도 콘크리트	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.008	0.003	0.034
28. 인력 수급 분배계획	0.139	0.037	0.066	0.024	0.013	0.005	0.124	0.039	0.105	0.103
29. 관리자 현장 경험 부족	0.226	0.108	0.095	0.047	0.037	0.018	0.200	0.097	0.163	0.189

표 4.12-3 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출을 위한 선호지수 III

$\pi(a,b)$	21. 에너지 소비 계획	22. 공기질 연 발생 시 만회방 안	23. 시공 중 재난 대비 계획	24. Long Lead Item	25. 자재 수급 분배계 획	26. 자재, 장비 투입계 획	27. 고강도 콘크리 트	28. 인력 수급 분배계 획	29. 관리자 현장 경험 부족
01. 알중장비 계획	0.203	0.082	0.132	0.182	0.163	0.145	0.203	0.103	0.029
02. 초고층 비레, 낙하, 추락 대 비계획	0.126	0.053	0.032	0.100	0.103	0.074	0.124	0.039	0.024
03. 가설장비 계획	0.092	0.000	0.055	0.063	0.055	0.026	0.089	0.011	0.000
04. 콘크리트 타설 방안	0.089	0.011	0.061	0.063	0.045	0.018	0.089	0.018	0.000
05. 풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	0.129	0.058	0.103	0.113	0.121	0.092	0.134	0.071	0.011
06. 배관 내 압력 제어 계획	0.097	0.045	0.084	0.084	0.097	0.068	0.103	0.061	0.000
07. CURTAIN WALL 선정	0.179	0.076	0.150	0.163	0.145	0.126	0.184	0.095	0.024
08. 연동효과를 고려한 시공	0.100	0.071	0.108	0.089	0.103	0.084	0.105	0.087	0.024
09. 골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	0.171	0.095	0.145	0.155	0.158	0.129	0.176	0.108	0.045
10. 빌딩풍 억제방안 고려	0.026	0.000	0.000	0.011	0.011	0.000	0.026	0.000	0.000
11. 신기술 적용 미흡	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000
12. 부적절 공법 사용	0.087	0.008	0.066	0.058	0.047	0.026	0.079	0.016	0.000
13. 계측기술	0.089	0.045	0.087	0.074	0.087	0.058	0.095	0.061	0.003
14. 초고층을 고려한 구조계획	0.184	0.097	0.161	0.168	0.161	0.132	0.189	0.113	0.050
15. 초고층에 따른 기초 계획	0.192	0.097	0.166	0.176	0.161	0.139	0.197	0.111	0.047
16. Outrigger & Belt Truss 시공	0.195	0.079	0.161	0.179	0.161	0.142	0.200	0.105	0.032
17. 마감층의 지수계획	0.005	0.000	0.021	0.008	0.016	0.008	0.013	0.011	0.000
18. 거푸집 폼 시스템 계획	0.097	0.013	0.074	0.071	0.063	0.034	0.097	0.029	0.000
19. 수화열 관리	0.026	0.013	0.047	0.021	0.034	0.026	0.026	0.029	0.000
20. 골조 분리타설	0.039	0.000	0.016	0.005	0.005	0.000	0.032	0.000	0.000
21. 에너지 소비 계획	-	0.013	0.037	0.018	0.032	0.024	0.013	0.026	0.000
22. 공기질연 발생 시 만회방안	0.134	-	0.097	0.108	0.087	0.068	0.134	0.042	0.016
23. 시공 중 재난 대비 계획	0.108	0.047	-	0.089	0.089	0.068	0.105	0.032	0.018
24. Long Lead Item	0.034	0.003	0.034	-	0.016	0.011	0.026	0.011	0.000
25. 자재 수급 분배계획	0.066	0.000	0.053	0.034	-	0.011	0.061	0.003	0.000
26. 자재, 장비 투입계획	0.076	0.000	0.050	0.047	0.029	-	0.074	0.003	0.000
27. 고강도 콘크리트	0.008	0.008	0.029	0.005	0.021	0.016	-	0.016	0.000
28. 인력 수급 분배계획	0.121	0.016	0.055	0.089	0.063	0.045	0.116	-	0.000
29. 관리자 현장 경험 부족	0.182	0.076	0.129	0.166	0.147	0.129	0.187	0.087	-

식 4.1 ~ 식 4.5를 바탕으로 양중장비 계획과 초고층을 고려한 구조계획을 비교해 선호지수를 계산해 보면 다음과 같다. 먼저 ① 양중장비 계획의 ⑭ 초고층을 고려한 구조계획대비 선호지수를 계산해 보면, 표 4.11에서 산출된 ① 양중장비 계획과 ⑭ 초고층을 고려한 구조계획의 평가지표의 차는 기술관리는  $-0.316(=3.842-4.158)$ , 성능관리는  $-0.842(=3.211-4.053)$ , 안전관리는  $0.842(=4.158-3.316)$ , 일정관리는  $0.579(=4.000-3.421)$ 이 된다. 따라서 평가 기준별 선호함수와 가중치, 파라미터를 적용한 선호지수는 각각  $0, 0, 0.042[(=0.842 \div 5) \times 0.25], 0.029[(=0.579 \div 5) \times 0.25]$ 이 되므로 ⑭ 초고층을 고려한 구조계획 대비 ① 양중장비 계획의 선호지수의 합은  $0.071$ 이 된다. 반대로 ⑭ 초고층을 고려한 구조계획의 ① 양중장비 계획대비 선호지수를 계산해 보면, 표 11에서 산출된 ⑭ 초고층을 고려한 구조계획과 ① 양중장비 계획의 평가지표의 차는 기술관리는  $0.316(=4.158-3.842)$ , 성능관리는  $0.842(=4.053-3.211)$ , 안전관리는  $-0.842(=3.316-4.158)$ , 일정관리는  $-0.579(=3.421-4.000)$ 이 된다. 따라서 평가 기준별 선호함수와 가중치, 파라미터를 적용한 선호지수는 각각  $0.016[(=0.316 \div 5) \times 0.25], 0.042[(=0.842 \div 5) \times 0.25], 0, 0$ 이 되므로 ① 양중장비 계획 대비 ⑭ 초고층을 고려한 구조계획의 선호지수의 합은  $0.058$ 이 된다.

#### 4.4 선호의 유출량과 유입량 계산

선호의 유출량( $\Phi^+$ )은 다른 평가항목들을 선호 혹은 지배하는 정도를 나타내는 수치이고 식으로 나타내면 다음 식 4.6과 같다. 선호의 유입량( $\Phi^-$ )은 다른 항목들로부터 선호 혹은 지배되는 정도를 나타내는 수치이며 이를 식으로 나타내면 다음 식 4.7과 같다.

$$\Phi^+(a) = \sum_{x \in K} \pi(a, x) \quad \text{식 4.6}$$

$$\Phi^{-}(a) = \sum_{x \in K} \pi(x, a) \quad \text{식 4.7}$$

여기서  $x$ 는  $a$ 를 제외한 다른 모든 대안을 말한다. 표 4.12-1, 표 4.12-2, 표 4.12-3의 선호지수를 바탕으로 식 4.6과 식 4.7을 이용하여 다음 표 4.13과 같이 초고층 건축 시공리스크의 선호의 유출량과 유입량을 계산한다. 계산된 선호의 유출량과 유입량의 값은 PROMETHEE I 을 적용하기 위한 자료가 된다.

표 4.13 초고층 건축 시공리스크의 선호의 유출량과 유입량

평가항목	선호의 유출량	선호의 유입량
01. 양중장비 계획	3.655	0.353
02. 초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획	2.100	1.545
03. 가설장비 계획	1.100	1.308
04. 콘크리트 타설 방안	1.003	1.516
05. 풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	2.055	0.737
06. 배관 내 압력 제어 계획	1.511	1.108
07. CURTAIN WALL 선정	3.061	0.292
08. 연돌효과를 고려한 시공	1.834	1.355
09. 골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	3.034	0.495
10. 빌딩풍 억제방안 고려	0.163	3.424
11. 신기술 적용 미흡	0.063	3.782
12. 부적절 공법 사용	1.118	1.403
13. 계측기술	1.400	1.226
14. 초고층을 고려한 구조계획	3.292	0.371
15. 초고층에 따른 기초 계획	3.429	0.279
16. Outrigger & Belt Truss 시공	3.468	0.242
17. 마감층의 지수계획	0.213	3.168
18. 거푸집 폼 시스템 계획	1.208	1.187
19. 수화열 관리	0.532	2.418
20. 골조 분리타설	0.245	2.895
21. 에너지 소비 계획	0.450	2.871
22. 공기지연 발생 시 만회방안	2.095	1.005
23. 시공 중 재난 대비 계획	1.789	2.150
24. Long Lead Item	0.379	2.342
25. 자재 수급 분배계획	0.789	2.218
26. 자재, 장비 투입계획	0.805	1.700
27. 고강도 콘크리트	0.316	2.889
28. 인력 수급 분배계획	1.611	1.284
29. 관리자 현장 경험 부족	3.166	0.321

## 4.5 PROMETHEE I (부분적 우선순위)

선호의 유출량과 유입량의 계산 값을 이용하면 다음 그림 4.1과 같이 부분적인 우선순위(partial ranking)로 나타낼 수 있다. 그림 4.1에서 화살표의 출발점에 있는 항목은 초고층 건축 시공에 미치는 영향력의 우선순위가 가장 높은 항목이며, 화살표의 종점에 있는 항목은 초고층 건축 시공에 미치는 영향력의 우선순위가 낮은 항목이다. PROMETHEE I은 부분적인 우선순위를 나타내므로 화살표의 주고받음의 관계가 성립되지 않은 항목들은 비교불가능한 관계로 나타난다. PROMETHEE 기법은 평가기준 및 선호함수의 복잡한 상관관계에 의하여 두 요인의 우선순위를 결정하기 때문에 비교불가능한 요인이 발생하게 된다. 이는 의사 결정자의 필요에 따라 우선순위 결정에 보조적인 역할을 한다.

다음 그림 4.1은 초고층 건축 시공리스크의 부분적인 우선순위를 나타낸 것이다. 그림 4.1을 살펴보면 표 4.13에서 양중장비 계획의 선호유출량(3.665)은 초고층을 고려한 구조계획의 선호유출량(3.292)보다 크고, 양중장비 계획의 선호유입량(0.353)이 초고층을 고려한 구조계획의 선호유입량(0.371)보다 작기 때문에 선호의 유출량과 유입량의 관점에서 양중장비 계획이 초고층을 고려한 구조계획보다 우월한 관계에 있다고 할 수 있기 때문에 화살표를 주고받는 형태로 표현하게 된다. 하지만 양중장비 계획의 선호유출량(3.665)은 Outrigger & Belt Truss 시공의 선호유출량(3.468)보다 크지만, 양중장비 계획의 선호유입량(0.353)이 Outrigger & Belt Truss 시공의 선호유입량(0.242)보다 크기 때문에 선호의 유입량과 유출량 관점에서 두 평가항목은 화살표의 주고받음이 없는 비교불가능한 관계로 나타난다.

비교 불가능한 관계는 평가기준 및 선호함수의 복잡한 상관관계에 의하여 두 항목의 우선순위를 결정하기 때문에 발생하게 된다. 이는 PROMETHEE 기법의 수행과정에서 파생되는 형태이며, 의사결정자의 우

선순위 결정에 보조적인 역할을 할 수 있다.

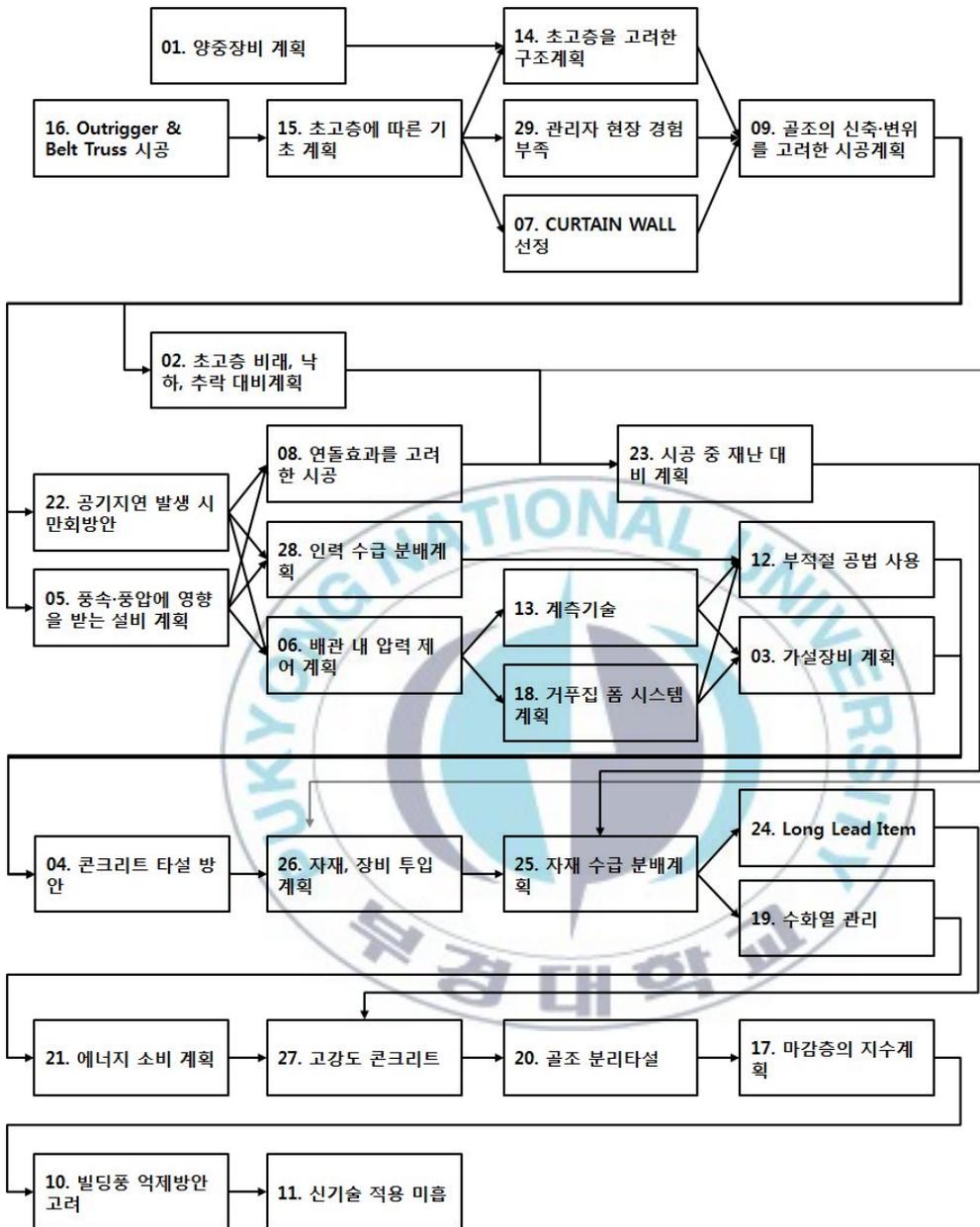


그림 4.1 PROMETHEE I

## 4.6 순흐름량 계산

순흐름량( $\Phi$ )은 선호의 유출량과 유입량의 차로 나타낸다. 이를 식으로 나타내면 다음 식 4.8과 같다. 표 4.13에서 계산된 선호의 유출량과 유입량의 값을 바탕으로 식 4.8에 의해서 순흐름량을 계산하면 다음 표 4.14와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad \text{식 4.8}$$

순흐름량을 계산한 값은 PROMETHEE II를 적용하기 위한 자료가 된다. 각 리스크의 순흐름량을 비교하여 수치가 높을수록 위험한 리스크로 판단할 수 있다.

다음 표 4.14는 초고층 건축 시공리스크의 순흐름량 값을 나타낸 것이다.



표 4.14 초고층 건축 시공리스크의 순흐름량

평가항목	순흐름량
01. 양중장비 계획	3.303
02. 초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획	0.555
03. 가설장비 계획	-0.208
04. 콘크리트 타설 방안	-0.513
05. 풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	1.318
06. 배관 내 압력 제어 계획	0.403
07. CURTAIN WALL 선정	2.768
08. 연돌효과를 고려한 시공	0.479
09. 골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	2.539
10. 빌딩풍 억제방안 고려	-3.261
11. 신기술 적용 미흡	-3.718
12. 부적절 공법 사용	-0.284
13. 계측기술	0.174
14. 초고층을 고려한 구조계획	2.921
15. 초고층에 따른 기초 계획	3.150
16. Outrigger & Belt Truss 시공	3.226
17. 마감층의 지수계획	-2.955
18. 거푸집 폼 시스템 계획	0.021
19. 수화열 관리	-1.887
20. 골조 분리타설	-2.650
21. 에너지 소비 계획	-2.421
22. 공기지연 발생 시 만회방안	1.089
23. 시공 중 재난 대비 계획	-0.361
24. Long Lead Item	-1.963
25. 자재 수급 분배계획	-1.429
26. 자재, 장비 투입계획	-0.895
27. 고강도 콘크리트	-2.574
28. 인력 수급 분배계획	0.326
29. 관리자 현장 경험 부족	2.845

## 4.7 PROMETHEE II (전체적 우선순위)

순흐름량의 계산 값을 이용하면 다음 그림 4.과 같이 전체적인 우선순위 (complete ranking)를 나타낼 수 있다. 부분적인 우선순위와 마찬가지로 전체적인 우선순위 또한 화살표의 출발점에 있는 항목은 초고층 건축 시공에 미치는 영향력의 우선순위가 가장 높은 항목이며, 화살표의 종점에 있는 항목은 초고층 건축 시공에 미치는 영향력의 우선순위가 낮은 항목이다.

다음 그림 4.2는 초고층 건축 시공리스크의 전체적인 우선순위를 나타낸 것이다. 그림 4.2를 살펴보면 화살표의 출발점에 있는 양중장비 계획이 초고층 건축 시공에 미치는 영향력의 우선순위가 가장 높은 항목이며, 화살표의 종점에 있는 신기술 적용 미흡이 초고층 건축 시공에 미치는 영향력의 우선순위가 가장 낮은 항목이다. 그리고 PROMETHEE I에서 비교불가능 관계였던 양중장비 계획과 Outrigger & Belt Truss 시공이 순흐름량의 계산을 통해 우선순위가 정해진 것을 볼 수 있다.

이처럼 PROMETHEE II에서는 순흐름량의 계산을 통해 PROMETHEE I에서 비교불가능 관계로 나타났었던 리스크 항목들의 우선순위가 정해지고, 고층 시공리스크에 영향을 미치는 인자들 간의 전체적인 우선순위 (PROMETHEE II)가 결정된다.



그림 4.2 PROMETHEE II

## 제5장 결론

최근 초고층 건설공사의 수요가 급격하게 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 PROMETHEE 기법을 활용하여 특수프로젝트인 초고층 건설공사의 시공단계 리스크요인을 분석 하였다. 본 연구에서는 전문가 면담을 통하여 초고층 건축공사에서 시공단계의 리스크요인을 도출·분류 하였으며, PROMETHEE 기법을 활용한 초고층 건축 시공리스크 분석을 위해 평가기준을 설정하였다. 또한 PDRI에서의 정의수준을 활용하여 평가지표 산출 기준을 작성하였으며, 설문을 통해 선호함수 및 평가지표를 도출하였다. 이러한 과정들을 통하여 PROMETHEE 기법을 활용한 초고층 건축 시공리스크의 중요도를 산출하였다. 이상의 연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

(1) 전문가 면담을 통해 도출된 리스크는 총 63개로 각각 건축시공 분야 전문가 30개, 기계설비 분야 전문가 11개, CM분야 전문가 22개가 도출되었다. 도출된 리스크를 전문가와의 면담을 통해 비슷한 유형의 리스크를 묶어서 하나의 리스크로 만든 후 일반적인 건축공사에서도 자주 발생하는 리스크를 제외한 초고층 건축 시공리스크 29개를 도출하고 이를 현장공사 관리 생산수단 4M에 관리(Management)를 포함하여 5M을 기준으로 리스크를 분류 하였다. 도출된 리스크 요인들을 살펴보면 장비와 공법에 관련된 리스크가 많이 도출 된 것을 알 수 있다.

(2) 초고층 건축 시공리스크를 평가하기 위하여 기술관리, 성능관리, 안전관리, 일정관리의 4가지 평가기준을 설정하였다. PROMETHEE 기법에 적용하기 위하여 설문을 통해 4가지 평가기준의 선호함수가 V형 선호함수 형태를 가지는 것으로 도출되었다.

(3) PROMETHEE 기법을 통해 초고층 건축 시공리스크 요인 분석 결과 ‘양중장비계획’, ‘Outrigger & Belt Truss 시공’, ‘초고층에 따른 기초계획’, ‘초고층을 고려한 구조계획’ 순으로 리스크의 위험도가 높은 것으로 분석되었고, ‘신기술 적용 미흡’, ‘빌딩풍 억제방안 고려’, ‘마감층 지수계획’, ‘골조 분리타설’ 순으로 리스크의 위험도가 낮은 것으로 분석 되었다.

본 논문에서는 초고층 건축 시공리스크에 대한 중요도 분석을 통한 리스크의 우선순위를 결정하는데 그쳤으며, 도출된 인자들이 서로 독립적인 인자가 아니라 서로 연관성을 가지고 있는 광범위한 범주의 리스크 이다. 따라서 분석이 신뢰성을 확보하기 위해서는 지속적인 전문가들의 의견수렴을 통해 보완이 이루어 져야 할 것이다.

향후, 지속적인 리스크인자 도출 뿐 아니라 적합한 평가기준 및 선호함수, 파라미터의 설정 등에 대한 지속적인 전문가의 의견 수렴이 이루어 져야 할 것이다. 그리고 분석된 리스크에 대해 어떠한 대응방안을 제시해 줄 것인지에 대한 연구도 함께 진행 되어야 하며, 변수가 많은 초고층 건축프로젝트에 대하여 적절한 방법을 선택하여 사용할 수 있도록 다양한 기준의 적용을 위한 연구가 이루어 져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 강부성, 정창용 외, 세계 주요도시의 초고층 주거건축 건설동향 및 특성비교 연구, 대한건축학회논문집 계획계 제21권 제12호 P.193-200, 2005
2. 강석진 외 1인, 전문가집단을 통해 본 초고층 건축물의 법제 개선 방향, 대한건축학회 논문집 계획계 제23권 제11호 pp. 161-172, 2007
3. 강인석 외 2인, 건설공사단계별 리스크 인자 중요도에 관한 현황 분석, 대한건축학회 논문집 구조계 제17권 제8호 pp. 103~110, 2001
4. 건설교통부, 한국건설교통기술평가원 [공편], 초고층 건축물 건설기술 연구단 최종 보고서 부록. 1, 초고층 건축물 건설기술 지침, 2008
5. 김문수, 초고층 건축공사 시공계획 수립 방안에 관한 연구, 부경대학교 석사학위논문, 2010
6. 김인호, 건설사업의 리스크관리, 기문당, 2001
7. 김재균, 초고층 건축물의 대형 재난대응에 적합한 방화관리조직의 관한 연구, 경원대학교 석사학위논문, 2011
8. 민재형 외 1인, PROMETHEE를 이용한 다기준의사결정, 2003
9. 민재형 외 1인, 다기준 의사결정기법의 비교 : PROMETHEE의 적용을 중심으로, 2003
10. 봉인식 외 1인, 다기준의사결정모형(MCKM)을 이용한 경기도 주택정책의 효율적 운영방안 연구, 경기개발연구원, 2006
11. 봉인식, 단순가중합 모형을 적용한 도시계획 관련 의사결정방식의 한계 - 가중치 안정성에 대한 프로메테(PROMETHEE) 모형과 실증비교, 국토연구 통권 제62권 P. 169~179, 2009
12. 삼성중공업건설, 초고층요소기술, 기문당, 2002
13. 송도현, 초고층건축 시공, 기문당, 2002
14. 양성용, AHP기법을 이용한 초고층 건축물 시공에서의 공사비 상승요인 분석에 관한 연구, 한양대학교 석사학위논문, 2010
15. 왕인수, 초고층 주거건축물의 시공사례, 대한건축학회 建築 Vol.48 No.10, 2004
16. 유재환 외, 안전관리, pp.65~66, 1998
17. 이경은, 공공건설공사의 공사비 상승요인의 우선순위에 관한 연구, 동아대학교 석사학위논문, 2011

18. 이상욱, FMEA를 이용한 초고층 프로젝트 마감공사의 주요 공기지연 요인 분석, 세종대학교 석사학위논문, 2009
19. 이장영, 건설관리에서의 PROMETHEE기법을 활용한 공정 리스크 중요도 분석, 경원대학교 석사학위논문, 2010
20. 전명철 외 2인, 중국 초고층 건축물의 형태구성 특성과 영향요인에 관한 연구, 대한건축학회지회연합회논문집 Vol.12 No.3, 2010
21. 정찬용 외 3인, 세계 주요도시의 초고층 주거건축 건설동향 및 특성비교연구, 대한건축학회 논문집 계획계 Vol.21 No.12, 2005
22. 최동환, 건설 리스크 사건의 분석 및 평가를 위한 포트트리 적용 방안, 중앙대 대학원 석사학위논문, 2001
23. 홍성준, PROMETHEE와 ANP의 다기준 의사결정기법 비교 연구, 고려대학교 석사학위논문, 2005
24. 홍영탁, FMEA를 이용한 초고층 건축시공의 공기영향요인 평가, 대한건축학회 논문집 20권 10호, p.184, 2004
25. Brans, J. and P. Vincke, A Preference Ranking Organization Method(the PROMETHEE Method for Multi Criteria Decision-making), Management Science Vol.31, No.6, pp. 647-656, 1985
26. Goums, M. and Lygerou, V., An Extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects, European Journal of Operational Research Vol.123, pp. 606-613, 2000
27. Huylenbroeck, G. V., The Conflict Analysis Method: bridging the gap between ELECTRE, PROMETHEE and ORESTE, European Journal of Operational Research Vol.82, pp.490-502, 1995
28. <http://jennyhouse.info/>
29. <http://skyscraperpage.com/>
30. <http://www.skyscrapers.com/>
31. Keyser, W.D. and Peeters, P., A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods, European Journal of Operational Research Vol.89, pp.457-461, 1996
32. Project Management Institute, A Guide To The Project Management Body Of Knowledge, 2004

## 부 록

### 설 문 조 사

안녕하십니까?

부경대학교 건설관리연구실에 김성현입니다.

다름이 아니고 전 세계적으로 초고층빌딩이 건설되고 있으며, 국내에서도 수많은 초고층 건축물들이 들어서고 있습니다. 이에 본 연구에서는 일반적인 건축과는 차별화된 초고층건축에서 중요하게 관리해야 하는 리스크 관리 요인을 주제로 연구를 진행하고 있습니다.

#### 주제: PREMETHEE기법을 활용한 초고층 건축 시공 리스크 분석

본 연구에서는 전문가와의 면담을 통해 초고층시공리스크 인자들을 도출 하였습니다. 그리고 본 설문을 통해 도출된 리스크 인자들의 중요도 분석을 통해 리스크 인자들의 순위번호를 도출해 낼 것입니다. 귀하의 소중한 의견은 본 연구에 큰 도움이 될 것으로 확신합니다. 많이 바쁘실 줄 압니다만 관심 있는 의견 부탁드립니다.

본 설문은

- ① 설문 응답자 관련사항
- ② 초고층 건축 시공리스크 평가기준의 선호함수유형 선택
- ③ 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출

이상의 3개 부분으로 나누어져 있으며, 약 15분이 소요될 예정입니다.

마지막으로 본 설문조사에서 밝혀주신 귀하의 의견은 비밀이 철저히 보장되며, 내용은 연구의 목적 외에 다른 용도로 사용되는 일은 절대로 없을 것임을 약속드립니다.

※ 만약 설문 중 이해가 되지 않는 부분이 있으시거나 의문사항이 있으시면 언제든지 아래 설문외뢰자 연락처로 연락 주십시오.

설문의뢰자 : 김성현

소 속 : 부경대학교 건설관리연구실

연 락 처 : 051-629-7718 (연구실)

E-Mail : millky1354@naver.com

# 설 문 1

## ◎ 설문 응답자 관련사항

해당되는 곳에  표 해주세요.

1. 업무영역	1) 건축	<input type="checkbox"/>
	2) 토목	<input type="checkbox"/>
	3) 기계설비	<input type="checkbox"/>
	4) 전기설비	<input type="checkbox"/>
	5) 소방	<input type="checkbox"/>
	6) 기타 ( )	<input type="checkbox"/>
2. 주업무	1) 시공	<input type="checkbox"/>
	2) 설계	<input type="checkbox"/>
	3) 감리	<input type="checkbox"/>
	4) CM	<input type="checkbox"/>
	5) 기타 ( )	<input type="checkbox"/>
3. 경력	1) 10년 미만	<input type="checkbox"/>
	2) 10년 ~ 15년	<input type="checkbox"/>
	3) 15년 ~ 20년	<input type="checkbox"/>
	4) 20년 이상	<input type="checkbox"/>

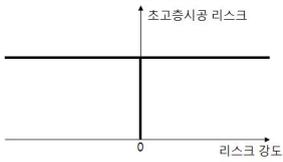
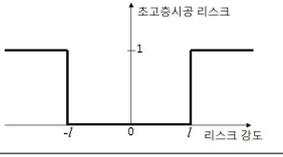
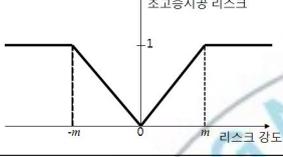
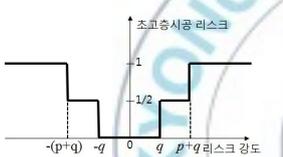
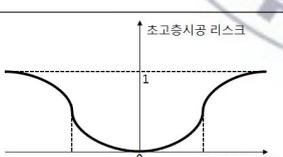
## 설 문 2

◎ 초고층 건축 시공리스크 평가기준의 선호함수 유형선택을 위한 설문  
본 연구에서 초고층 건축 시공리스크의 중요도를 산출하기 위하여 PROMETHEE기법을 활용한다. PROMETHEE기법을 활용하기 위하여 본 연구에서는 초고층 건축 시공에서 발생하는 리스크 평가 기준을 기술관리, 성능관리, 안전관리, 일정관리 이상의 네 가지로 설정하였습니다. 설정된 네 가지 평가기준의 특성에 맞는 선호함수를 설문작성 예를 참고하여 작성해 주세요.



• 설문2 작성 예)

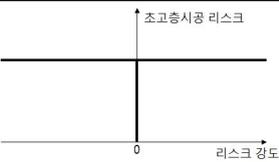
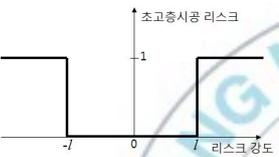
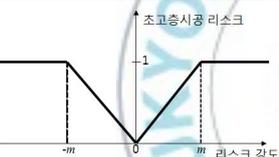
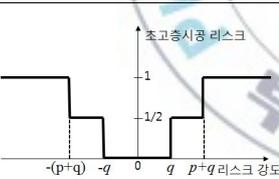
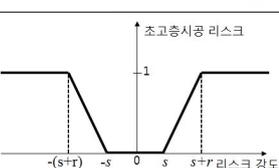
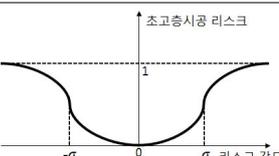
일정관리 (y축의 값이 1이 되는 지점은 리스크를 만회하기 어려운 시점을 나타냄)

선호함수 유형	특징	일정관리
미분형	 <p>어떠한 리스크가 발생이 되어도 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
U형	 <p>리스크 발생 시 리스크 강도가 특정강도(<math>l</math>)까지는 초고층공사 시공에 영향을 미치지 못하지만 특정강도(<math>l</math>)를 초과하면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
V형	 <p>리스크 발생 시 리스크 강도의 증가에 따라 미치는 영향이 일정하게 증가하다가 특정강도(<math>m</math>)가 되면 만회하기 어려운 유형</p>	<input checked="" type="checkbox"/>
계단형	 <p>리스크 강도가 특정강도(<math>q</math>) 초과 시 1차적으로 초고층공사 시공에 미치는 영향이 나타나며, 그 영향이 특정강도(<math>p+q</math>)까지 유지되다가 두 번째 특정강도(<math>p+q</math>)를 초과하면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
선형	 <p>V형과 같은 유형이지만, 특정강도(<math>s</math>)까지 초고층공사 시공에 영향을 미치지 않는 유형</p>	<input type="checkbox"/>
정규분포형	 <p>리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 초고층공사 시공에 미치는 영향이 특정강도(<math>\sigma</math>)까지 완만하게 증가하다가 특정강도(<math>\sigma</math>) 초과 시에는 급격하게 증가하는 유형</p>	<input type="checkbox"/>

일정관리의 경우 리스크가 발생했을 경우 예를 들어 리스크 강도가 0.1일 때 일정이 1만큼 지연되고 0.2일 때 2만큼 지연되듯 리스크 강도가 증가할수록 일정의 지연도 비례하여 증가한다고 판단 될 경우 위 설문에서 V형의 선호함수를 선택합니다.

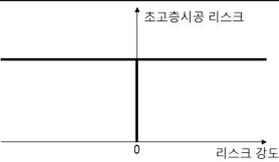
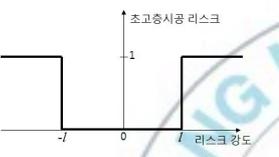
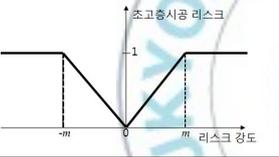
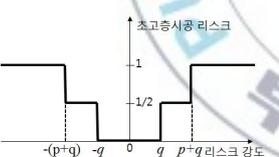
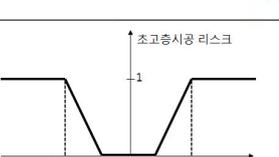
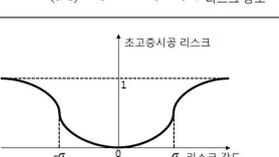
### 설문2-1. 기술관리

다음표의 빈칸에 초고층 건축 시공에 리스크가 어떻게 영향을 미치는지 선호함수의 유형별 특징을 고려하여 어떤 선호함수가 평가기준 기술관리에 적합한지 선택하여 작성해 주시기 바랍니다. (y축의 값이 1이 되는 지점은 리스크를 만회하기 어려운 시점을 나타냄.)

선호함수 유형	특징	기술 관리
미분형	 <p>어떠한 리스크가 발생이 되어도 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
U형	 <p>리스크 발생 시 리스크 강도가 특정강도(<math>l</math>)까지는 초고층공사 시공에 영향을 미치지 못하지만 특정강도(<math>l</math>)를 초과하면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
V형	 <p>리스크 발생 시 리스크 강도의 증가에 따라 미치는 영향이 일정하게 증가하다가 특정강도(<math>m</math>)가 되면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
계단형	 <p>리스크 강도가 특정강도(<math>q</math>) 초과 시 1차적으로 초고층공사 시공에 미치는 영향이 나타나며, 그 영향이 특정강도(<math>p+q</math>)까지 유지되다가 두 번째 특정강도(<math>p+q</math>)를 초과하면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
선형	 <p>V형과 같은 유형이지만, 특정강도(<math>s</math>)까지 초고층공사 시공에 영향을 미치지 않는 유형</p>	<input type="checkbox"/>
정규 분포형	 <p>리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 초고층공사 시공에 미치는 영향이 특정강도(<math>\sigma</math>)까지 완만하게 증가하다가 특정강도(<math>\sigma</math>) 초과 시에는 급격하게 증가하는 유형</p>	<input type="checkbox"/>

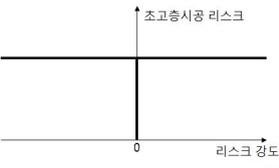
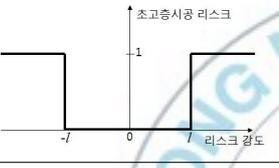
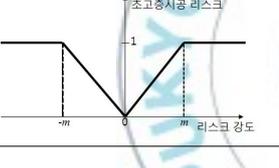
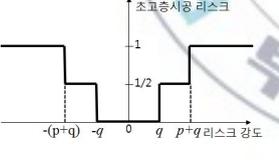
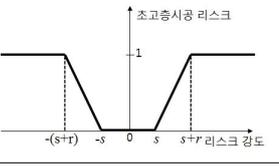
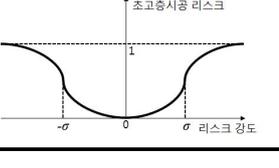
## 설문2-2. 성능관리

다음표의 빈칸에 초고층 건축 시공에 리스크가 어떻게 영향을 미치는지 선호함수의 유형별 특징을 고려하여 어떤 선호함수가 평가기준 성능관리에 적합한지 선택하여 작성해 주시기 바랍니다. (y축의 값이 1이 되는 지점은 리스크를 만회하기 어려운 시점을 나타냄.)

선호함수 유형	특징	성능관리
미분형	 <p>어떠한 리스크가 발생이 되어도 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
U형	 <p>리스크 발생 시 리스크 강도가 특정강도(<math>l</math>)까지는 초고층공사 시공에 영향을 미치지 못하지만 특정강도(<math>l</math>)를 초과하면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
V형	 <p>리스크 발생 시 리스크 강도의 증가에 따라 미치는 영향이 일정하게 증가하다가 특정강도(<math>m</math>)가 되면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
계단형	 <p>리스크 강도가 특정강도(<math>q</math>) 초과 시 1차적으로 초고층공사 시공에 미치는 영향이 나타나며, 그 영향이 특정강도(<math>p+q</math>)까지 유지되다가 두 번째 특정강도(<math>p+q</math>)를 초과하면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
선형	 <p>V형과 같은 유형이지만, 특정강도(<math>s</math>)까지 초고층공사 시공에 영향을 미치지 않는 유형</p>	<input type="checkbox"/>
정규분포형	 <p>리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 초고층공사 시공에 미치는 영향이 특정강도(<math>\sigma</math>)까지 완만하게 증가하다가 특정강도(<math>\sigma</math>) 초과 시에는 급격하게 증가하는 유형</p>	<input type="checkbox"/>

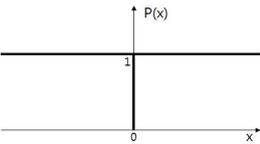
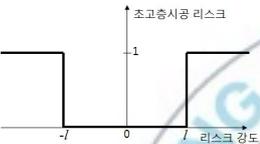
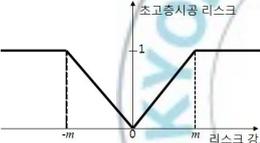
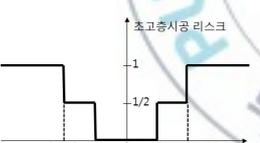
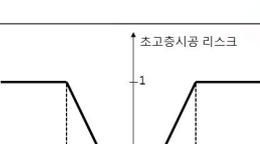
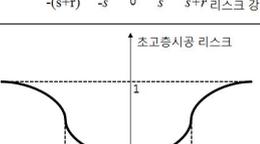
### 설문2-3. 안전관리

다음표의 빈칸에 초고층 건축 시공에 리스크가 어떻게 영향을 미치는지 선호함수의 유형별 특징을 고려하여 어떤 선호함수가 평가기준 안전관리에 적합한지 선택하여 작성해 주시기 바랍니다. (y축의 값이 1이 되는 지점은 리스크를 만회하기 어려운 시점을 나타냄.)

선호함수 유형	특징	안전 관리
미분 형	 <p>어떠한 리스크가 발생이 되어도 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
U형	 <p>리스크 발생 시 리스크 강도가 특정강도(<math>l</math>)까지는 초고층공사 시공에 영향을 미치지 못하지만 특정강도(<math>l</math>)를 초과하면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
V형	 <p>리스크 발생 시 리스크 강도의 증가에 따라 미치는 영향이 일정하게 증가하다가 특정강도(<math>m</math>)가 되면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
계단 형	 <p>리스크 강도가 특정강도(<math>q</math>) 초과 시 1차적으로 초고층공사 시공에 미치는 영향이 나타나며, 그 영향이 특정강도(<math>p+q</math>)까지 유지되다가 두 번째 특정강도(<math>p+q</math>)를 초과하면 만회하기 어려운 유형</p>	<input type="checkbox"/>
선형	 <p>V형과 같은 유형이지만, 특정강도(<math>s</math>)까지 초고층공사 시공에 영향을 미치지 않는 유형</p>	<input type="checkbox"/>
정규 분포 형	 <p>리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 초고층공사 시공에 미치는 영향이 특정강도(<math>\sigma</math>)까지 완만하게 증가하다가 특정강도(<math>\sigma</math>) 초과 시에는 급격하게 증가하는 유형</p>	<input type="checkbox"/>

## 설문2-4. 일정관리

다음표의 빈칸에 초고층 건축 시공에 리스크가 어떻게 영향을 미치는지 선호함수의 유형별 특징을 고려하여 어떤 선호함수가 평가기준 일정관리에 적합한지 선택하여 작성해 주시기 바랍니다. (y축의 값이 1이 되는 지점은 리스크를 만회하기 어려운 시점을 나타냄.)

선호함수 유형	특징	일정관리	
미분형		어떠한 리스크가 발생이 되어도 만회하기 어려운 유형	<input type="checkbox"/>
U형		리스크 발생 시 리스크 강도가 특정강도( $l$ )까지는 초고층공사 시공에 영향을 미치지 못하지만 특정강도( $l$ )를 초과하면 만회하기 어려운 유형	<input type="checkbox"/>
V형		리스크 발생 시 리스크 강도의 증가에 따라 미치는 영향이 일정하게 증가하다가 특정강도( $m$ )가 되면 만회하기 어려운 유형	<input type="checkbox"/>
계단형		리스크 강도가 특정강도( $q$ ) 초과 시 1차적으로 초고층공사 시공에 미치는 영향이 나타나며, 그 영향이 특정강도( $p+q$ )까지 유지되다가 두 번째 특정강도( $p+q$ )를 초과하면 만회하기 어려운 유형	<input type="checkbox"/>
선형		V형과 같은 유형이지만, 특정강도( $s$ )까지 초고층공사 시공에 영향을 미치지 않는 유형	<input type="checkbox"/>
정규분포형		리스크 발생 시 리스크 증가에 따라 초고층공사 시공에 미치는 영향이 특정강도( $\sigma$ )까지 완만하게 증가하다가 특정강도( $\sigma$ ) 초과 시에는 급격하게 증가하는 유형	<input type="checkbox"/>

## 설 문 3

### ◎ 초고층 건축 시공리스크 중요도 산출을 위한 설문

초고층 건축 시공 중에 발생할 수 있는 리스크에 대한 평가자료를 작성 하고자 합니다. 다음 표1 평가지표 산출기준, 표2 초고층 건축 시공 리스크에 대한 설명과 설문3 작성 예를 참고하여 리스크의 평가지표를 작성해 주세요.

<표1 평가지표 산출기준>은 평가점수에 대한 산출 기준으로 리스크의 위험도가 클수록 높은 점수를 가지게 됩니다.

**표 1 평가지표 산출기준**

평가 지표	평가기준
0	리스크인자의 발생이 없다.
1	리스크인자의 발생 가능성이 매우 낮고, 발생 시 초고층 건축 시공에 미치는 영향이 매우 작다.
2	리스크인자의 발생 가능성이 낮고, 발생 시 초고층 건축 시공에 미치는 영향이 작다.
3	리스크인자의 발생 가능성이 어느 정도 예상되고, 발생 시 초고층 건축 시공에 영향을 미친다.
4	리스크인자의 발생 가능성이 높고, 발생 시 초고층 건축 시공에 미치는 영향이 크다.
5	리스크인자의 발생 가능성이 매우 높고, 발생 시 초고층 건축 시공에 매우 큰 영향을 미친다.

<표2 초고층 건축 시공 리스크>는 전문가 면담을 통해 도출된 리스크와 각 리스크에 대한 설명입니다.

표 2 초고층 건축 시공 리스크

	리스크	설 명
	양중장비 계획	장비배치위치, 장비 효율성, 부피와 무게를 고려한 양중장비의 적합한 선정
	초고층 비레, 낙하, 추락 대비계획	추락방지망, 낙하물방지대, 안전띠 등 설치
	가설장비 계획	수직공사에 따른 가설장비의 최적 설치 위치 및 운영방식 선정
	콘크리트 타설 방안	고층부 콘크리트타설을 위한 고압펌프 장비 확보
	풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	초고층에서 기상조건에 영향을 받는 기기가 정상적으로 운영될 수 있도록 성능을 고려
	배관 내 압력 제어 계획	공사 중 또는 공사완공 이후에 초고층의 높이에 따른 높은 압력에 대한 위험대비
	CURTAIN WALL 선정	일체형 또는 스틱타입에 따라 공기 및 누수의 영향발생
	연돌효과를 고려한 시공	엘리베이터 개폐 및 운행지장, 각종 도어 개폐 문제발생
	골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	Column-Shortening에 의한 부등축소량 등 지속적으로 변화하는 구조체에 적합한 계획
	빌딩풍 억제방안 고려	빌딩풍을 억제할 수 있는 검토 및 필드테스트 실시
	신기술 적용 미흡	검증이 되지 않은 공법적용 시 과급효과가 큼
	부적절 공법 사용	경험부족 및 경제성만 고려한 부적절한 공법 선정우려
초 고 층 시 공 리 스 크	계측기술	초고층 수직도 / 시공측량의 정확성 / 흠막이벽체 변위 / 지하수 수위 계측관리(붕괴 및 침하방지)
	초고층을 고려한 구조계획	코어선행공법 및 중간층의 횡력에 대한 구조계획에 따라 공기 및 공사비 상승요인발생
	초고층에 따른 기초 계획	높이만큼의 자중을 고려한 튼튼한 기초가 요구됨에 따라 기초콘크리트 두꺼운 경우 타설 시간의 차이로 인해 양생지연성 검토 등 기초 계획
	Outrigger & Belt Truss 시공	Outrigger, Belt Truss 등 특수층 시공계획수립으로 지연방지
	마감층의 지수계획	필조공사와 마감작업을 동시에 진행하므로 마감층상부에 지수계획 필요
	거푸집 폼 시스템 계획	초고층 반복 작업에 따른 생산성이 높고 안전한 시스템 채택
	수화열 관리	Mass Concrete 수화열 및 양생 관리
	골조 분리타설	분리타설로 작업 지연/휴무 방지
	에너지 소비 계획	초고층은 에너지 대량 소비 건축물이므로 인입 가능성과 소비량에 대한 계획
	공기지연 발생 시 만회방안	공정이 반복됨에 따라 공기 지연 발생 시 만회하기위한 계획
	시공 중 재난 대비 계획	공사 중 자연재해와 구조물, 자재, 장비 등의 손상, 화재 등의 재난에 대비한 계획
	Long Lead Item	철골 Built-up 부재, 엘리베이터, 커튼월 등 장기 제작공정 관리
	자재 수급 분배계획	자재비 급등, 좁은 대지면적으로 인한 야적의 어려움 등의 이유로 인한 자재수급 분배의 어려움
	자재, 장비 투입계획	수직과 수평으로 이동하는 자재동선을 계획해서 투입시점에 공사 공정 상태에 따라 적합한 운송이 되도록 대비
	고강도 콘크리트	고강도 콘크리트의 설계강도 확보
	인력 수급 분배계획	여러 공정의 복합적인 인력 수급과 좁은 공간에서의 인력분배 계획
	관리자 현장 경험 부족	관리자의 초고층프로젝트 현장경험의 부족으로 인한 문제

• 설문3 작성 예)

빈칸에 평가기준 일정관리에 대한 각 리스크들의 평가점수를 평가  
지표 산출기준에 의거해서 작성해 주세요.

	5M	리스크	일정관리
초고층 건축 시공리스크	장비 및 기계 (Machine)	양중장비 계획	4
		초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획	3
		가설장비 계획	3
		콘크리트 타설 방안	2
		풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	4
		배관 내 압력 제어 계획	3
	공법 (Method)	CURTAIN WALL 선정	4
		연돌효과를 고려한 시공	3
		골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	5
		빌딩풍 억제방안 고려	1
		신기술 적용 미흡	2
		부적절 공법 사용	4
		계측기술	5
		초고층을 고려한 구조계획	2
		초고층에 따른 기초 계획	3
		Outrigger & Belt Truss 시공	4
		마감층의 지수계획	5
		거푸집 폼 시스템 계획	3
	관리 (Management)	수화열 관리	4
		골조 분리타설	4
		에너지 소비 계획	2
		공기지연 발생 시 만회방안	4
		시공 중 재난 대비 계획	4
	자재 (Material)	Long Lead Item	3
		자재 수급 분배계획	2
		자재, 장비 투입계획	3
	인력 (Man)	고강도 콘크리트	2
		인력 수급 분배계획	3
		관리자 현장 경험 부족	4

### 설문3-1. 기술관리

빈칸에 평가기준 기술관리에 대한 각 리스크들의 평가점수를 평가지표 산출기준에 의거해서 작성해 주세요.

	5M	리스크	기술관리
초고층 건축 시공리스크	장비 및 기계 (Machine)	양중장비 계획	
		초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획	
		가설장비 계획	
		콘크리트 타설 방안	
		풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	
		배관 내 압력 제어 계획	
	공법 (Method)	CURTAIN WALL 선정	
		연돌효과를 고려한 시공	
		골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	
		빌딩풍 억제방안 고려	
		신기술 적용 미흡	
		부적절 공법 사용	
		계측기술	
		초고층을 고려한 구조계획	
		초고층에 따른 기초 계획	
		Outrigger & Belt Truss 시공	
		마감층의 지수계획	
		거푸집 폼 시스템 계획	
		수화열 관리	
	관리 (Management)	골조 분리타설	
		에너지 소비 계획	
		공기질연 발생 시 만회방안	
		시공 중 재난 대비 계획	
		Long Lead Item	
	자재 (Material)	자재 수급 분배계획	
		자재, 장비 투입계획	
		고강도 콘크리트	
인력 (Man)	인력 수급 분배계획		
	관리자 현장 경험 부족		

### 설문3-2. 성능관리

빈칸에 평가기준 성능관리에 대한 각 리스크들의 평가점수를 평가지표 산출기준에 의거해서 작성해 주세요.

	5M	리스크	성능관리
초고층 건축 시공리스크	장비 및 기계 (Machine)	양중장비 계획	
		초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획	
		가설장비 계획	
		콘크리트 타설 방안	
		풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	
		배관 내 압력 제어 계획	
	공법 (Method)	CURTAIN WALL 선정	
		연돌효과를 고려한 시공	
		골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	
		빌딩풍 억제방안 고려	
		신기술 적용 미흡	
		부적절 공법 사용	
		계측기술	
		초고층을 고려한 구조계획	
		초고층에 따른 기초 계획	
		Outrigger & Belt Truss 시공	
		마감층의 지수계획	
		거푸집 폼 시스템 계획	
		수화열 관리	
		관리 (Management)	골조 분리타설
	에너지 소비 계획		
	공기지연 발생 시 만회방안		
	시공 중 재난 대비 계획		
	Long Lead Item		
	자재 (Material)	자재 수급 분배계획	
		자재, 장비 투입계획	
		고강도 콘크리트	
인력 (Man)	인력 수급 분배계획		
	관리자 현장 경험 부족		

### 설문3-3. 안전관리

빈칸에 평가기준 안전관리에 대한 각 리스크들의 평가점수를 평가지표 산출기준에 의거해서 작성해 주세요.

	5M	리스크	안전관리
초고층 건축 시공리스크	장비 및 기계 (Machine)	양중장비 계획	
		초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획	
		가설장비 계획	
		콘크리트 타설 방안	
		풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	
		배관 내 압력 제어 계획	
	공법 (Method)	CURTAIN WALL 선정	
		연돌효과를 고려한 시공	
		골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	
		빌딩풍 억제방안 고려	
		신기술 적용 미흡	
		부적절 공법 사용	
		계측기술	
		초고층을 고려한 구조계획	
		초고층에 따른 기초 계획	
		Outrigger & Belt Truss 시공	
		마감층의 지수계획	
		거푸집 폼 시스템 계획	
	수화열 관리		
	관리 (Management)	골조 분리타설	
		에너지 소비 계획	
		공기지연 발생 시 만회방안	
		시공 중 재난 대비 계획	
		Long Lead Item	
	자재 (Material)	자재 수급 분배계획	
		자재, 장비 투입계획	
		고강도 콘크리트	
	인력 (Man)	인력 수급 분배계획	
관리자 현장 경험 부족			

### 설문3-4. 일정관리

빈칸에 평가기준 일정관리에 대한 각 리스크들의 평가점수를 평가지표 산출기준에 의거해서 작성해 주세요.

	5M	리스크	일정관리
초고층 건축 시공리스크	장비 및 기계 (Machine)	양중장비 계획	
		초고층 비래, 낙하, 추락 대비계획	
		가설장비 계획	
		콘크리트 타설 방안	
		풍속·풍압에 영향을 받는 설비 계획	
		배관 내 압력 제어 계획	
	공법 (Method)	CURTAIN WALL 선정	
		연돌효과를 고려한 시공	
		골조의 신축·변위를 고려한 시공계획	
		빌딩풍 억제방안 고려	
		신기술 적용 미흡	
		부적절 공법 사용	
		계측기술	
		초고층을 고려한 구조계획	
		초고층에 따른 기초 계획	
		Outrigger & Belt Truss 시공	
		마감층의 지수계획	
		거푸집 폼 시스템 계획	
		수화열 관리	
		관리 (Management)	골조 분리타설
	에너지 소비 계획		
	공기지연 발생 시 만회방안		
	시공 중 재난 대비 계획		
	Long Lead Item		
	자재 (Material)	자재 수급 분배계획	
		자재, 장비 투입계획	
		고강도 콘크리트	
인력 (Man)	인력 수급 분배계획		
	관리자 현장 경험 부족		

## 감사의 글

많은 배움을 얻은 대학원 과정을 마치며 부족하나마 이 논문으로 결실을 맺게 되었습니다. 부족하나마 본 논문이 국내 건설관리 분야의 발전에 보탬이 되기를 바라며 새로운 시작을 하려는 시점에 무사히 이 글을 쓸 수 있게 되기까지 도움을 주신 많은 분들과 저와 함께 해주신 주위 분들에게 감사의 마음을 전하고자 합니다.

먼저 미흡한 저를 자식을 대하듯 아낌없는 조언과 격려로 끝까지 지도하여 주신 김수용 교수님께 고개 숙여 감사의 마음을 전합니다. 또한 논문이 완성되기 까지 지도와 격려를 아끼지 않으신 이영대 교수님과 바쁘신 중에도 논문의 완성도를 높이기 위해 심사를 해주신 이종출 교수님께도 감사를 드립니다. 바쁜 시간을 할애하여 논문을 완성하는데 도움을 주신 양진국 박사님, 이양호 선배님, 이영록 부장님, 이선호 부장님, 최용석 부장님께도 감사를 드립니다.

그리고 대학원 과정 중에 저의 부족한 학문을 채워주신 이수용 교수님과 김영목 박사님, 박영민 박사님께도 감사드립니다.

아울러 저와 같이 수학했던 건설관리공학 전공의 모든 동문 여러분의 따뜻한 관심과 도움 덕분이라고 생각하며, 모든 선후배 지인 분들께도 감사를 드리며, 함께 연구실 생활을 했던 연구실 선배와 동기, 후배들도 감사합니다.

그리고 부족한 저를 사랑으로 감싸주시며 묵묵히 뒤에서 지켜주시고 도와주신 부모님과 항상 기도로 저에게 힘을 주신 할머니님과 언제나 조언과 격려를 아끼지 않고 보내주신 친인척분들도 감사하고 사랑합니다.

비록 대학원 과정을 마치는 시점이지만, 이것이 끝이 아닌 시작이라는 것을 명심하고 새로운 도전과 시작을 위해 열심히 노력 하겠습니다.