



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](#)

공학석사학위논문

도시철도 건설공사 공중별

위험도에 관한 연구

2015년 8월 21일

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

안 전 공 학 과

한 인 국

공학석사학위논문

도시철도 건설공사 공종별

위험도에 관한 연구

지도교수 장 성 록

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2015년 8월 21일

부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

안 전 공 학 과

한 인 국

한인국의 공학석사 학위논문을
인준함



주 심 공학박사 이 의 주 (인)

위 원 공학박사 신 성 우 (인)

위 원 공학박사 장 성 록 (인)

목 차

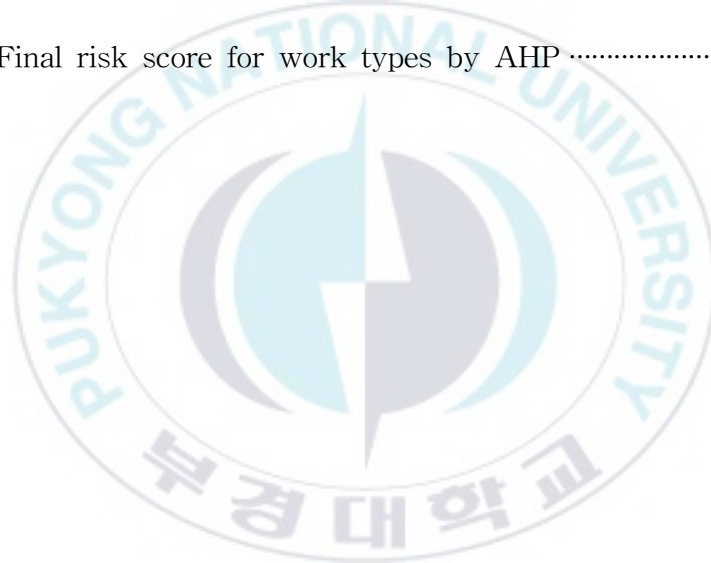
제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 필요성 및 목적	1
1.2 연구의 범위와 방법	4
제 2 장 도시철도 건설공사 위험성평가에 관한 고찰	7
2.1 위험도의 정의와 개념	7
2.2 국내 건설업 위험성 평가의 현황	9
2.3 도시철도 건설공사 공사범위 파악 및 공종분류	11
제 3 장 AHP를 이용한 도시철도 건설공사 위험지수 산출	14
3.1 AHP 이론적 고찰	14
3.2 도시철도 건설공사 위험판단 기준 도출	21
3.3 위험판단기준에 대한 가중치 산정	23
3.4 위험도 판단기준 4가지에 따른 공종별 위험도 분석	25
제 4 장 결론 및 고찰	33
참고문헌	37

Table List

Table 1	Classification of work type in urban railway construction	
	work	12
Table 2	The parewise matrix	18
Table 3	Saaty's scale of measurement pairwise comparison	18
Table 4	Average random consistency(RI)	20
Table 5	Criterion for risk assessment through survey	22
Table 6	Analysis of consistency ratio for survey	23
Table 7	AHP results for criteria survey	24
Table 8	CR(Consistency Ratio) results for survey	25
Table 9	Risk level analysis of work types by risk criteria(intensity of work)	26
Table 10	Risk level analysis of work types by risk criteria (unsafe condition)	27
Table 11	Risk level analysis of work types by risk criteria (obstruction near work)	28
Table 12	Risk level analysis of work types by risk criteria (work space)	29
Table 13	AHP result of survey for work types	30

Figure List

Fig. 1 Status of urban railway in Korea	2
Fig. 2 Flow chart of the study	6
Fig. 3 AHP flow chart	16
Fig. 4 Hierarchy structure model for decision making	17
Fig. 5 Final risk score for work types by AHP	32

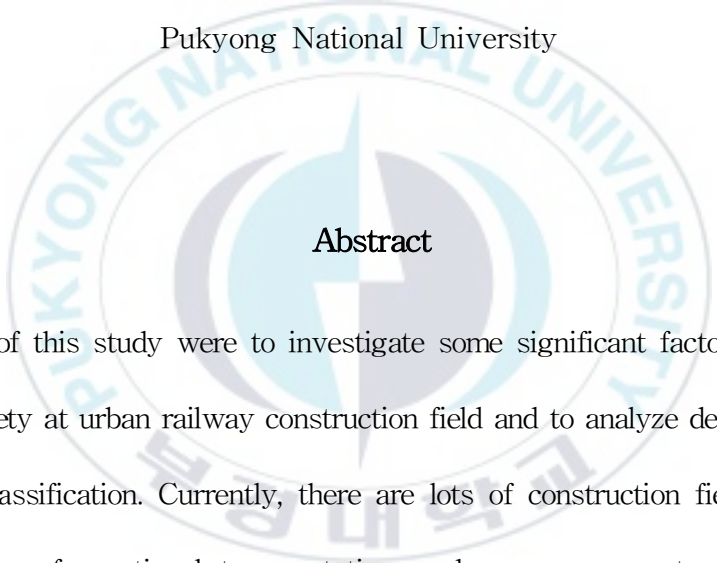


A Study on the Risk Level of Work Types in Urban Railway Construction.

In Kuk Han

Department of Safety Engineering, Graduate School of Industry

Pukyong National University

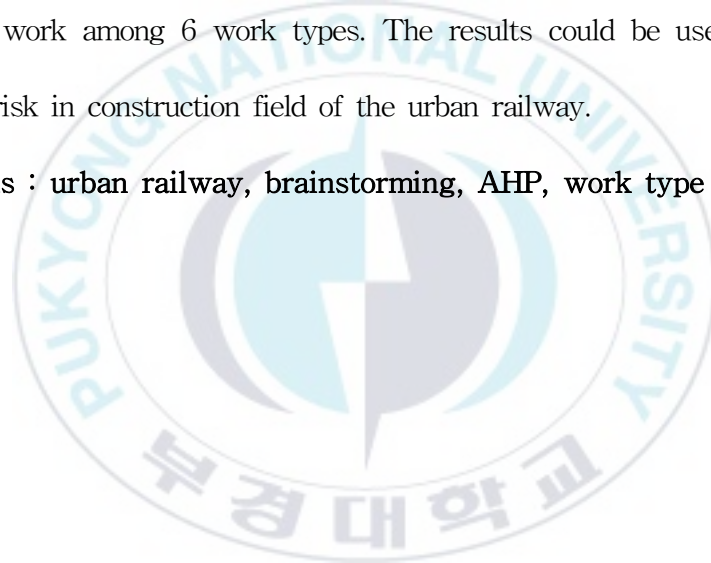


Abstract

The goals of this study were to investigate some significant factors to judge level of safety at urban railway construction field and to analyze degree of risk by work classification. Currently, there are lots of construction fields for the urban railway for national transportation, and our government also planned constructing more urban railway in near future. However, much of the safety literature neglected the degree of risk factors on the urban railway construction field. Safety managers participated in the brainstorming session for drawing decision criteria of the degree of risk (i.e., significant factors). Then, they were asked to answer a structured questionnaire which was developed for drawing

most important factors. Finally, the analytic hierarchy process (AHP) was used to analyze level of risk by work classification. The following results were obtained. First, total twelve factors judging degree of risk were found in the brainstorming session. Second, the questionnaire showed four significant factors, including adjacency of obstacle, intensity of work, unsafe condition and work space. Third, the results of AHP showed Civil work is the most dangerous work among 6 work types. The results could be used to reduce degree of risk in construction field of the urban railway.

Key Words : urban railway, brainstorming, AHP, work type



제 1 장 서 론

1.1 연구의 필요성 및 목적

‘도시철도’는 과거 ‘지하철(地下鐵, subway)’이란 명칭으로 대도시에서 교통의 혼잡을 완화하고 빠른 속도로 열차를 운행하기 위하여 땅속으로 굴을 파서 철도 또는 전동차를 달리게 한 것으로, 지하구간을 통행하는 철도를 의미하였지만, 점차 노선의 확대에 의하여 지하철 구간 외에 지상철 구간이 건설되기 시작하면서 도시철도(都市鐵道, metro, urban railway)란 명칭을 사용하게 되었다. 도시 혹은 광역권 내부 지역 간의 교통을 담당하기 위해 건설되었고, 보통 단거리 수요를 중심으로 계획 되었다. 애초 도시가 건설된 후 건설되었기 때문에 지하공간을 활용하는 경우가 많아서 지하철 또는 지하철도라는 명칭으로 불리어졌다. 도시철도 건설 사업은 1974년 서울도시철도 1호선을 시작으로 2014년 현재까지 40여년 동안 공사가 진행되어 왔으며, 현재 총연장 316km가 건설되었다. 도시철도는 현재 도시의 대중교통에서 중추적인 역할을 담당하고 있으며, 그 위상에 맞게 국내의 건설 경기의 불황에도 불구하고 후속노선이 Fig. 1에서 나타낸바와 같이 지속적으로 건설 중에 있다¹⁾. 도시철도 건설공사는 공사의 특성상 주로 대형건설사들이 시공사로 참여하고 있으며, 담당 직원도 도시철도 건설 경력자를 배

치하는 관계로 인하여 건설공사 수행에 있어서 상당히 전문성이 높은 편이라 할 수 있다. 하지만 지난 시간동안 축적된 건설능력에도 불구하고 지난 3년(2007-2009)간 발생한 도시철도 건설공사의 재해율은 1.63으로서 타 건설공사에 비하여 높은 수치를 나타내고 있다. 도시철도의 건설공법은 지속적으로 개선되었지만, 작업장의 작업여건은 여전히 낙후되어 원활한 안전관리에 저해요인으로 작용하고 있다²⁾.

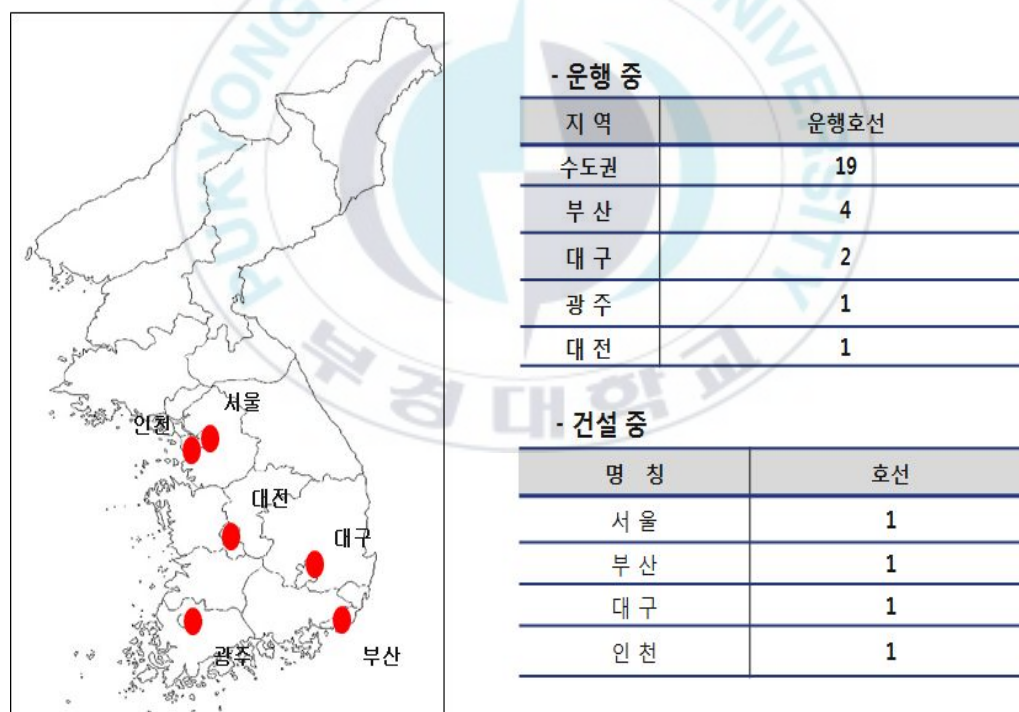


Fig. 1 Status of urban railway in Korea

도시철도 건설이 지속적으로 진행됨에 따라³⁾ 화재안전성⁴⁾, 유지보수체계⁵⁾, 도시철도차량의 고가선로 비상대피⁶⁾, 도시철도 차량 차륜재의 다축피로 강도, 도시철도 차량에 적용 할 수 있는 위험도 매트릭스 개발⁷⁾ 등 도시철도 운영의 안전성 확보에 관한 연구는 활발히 진행되고 있으나 도시철도의 건설 중에 발생하는 위험에 관한 연구는 제대로 이루어지지 않은 실정이다.

특히, 건설업에서 지금까지 수행된 위험과 관련된 연구의 대부분은 건축공사 위주이거나 과거 재해사례를 바탕으로 한 위험도 분석^{8~11)} 또는 전문공사에 대한 위험성 평가^{11~13)}로 이루어져 있다. 하지만, 국·내외 점차적으로 증가 추세에 있는 도시철도 건설과 관련된 위험성 평가는 아직 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이며 이러한 이유로 인해 도시철도 건설 중 발생할 수 있는 안전사고에 대한 위험성도 점차적으로 증가할 우려가 있다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 국내·외적으로 지속적으로 시행되고 있는 도시철도의 공사에 따른 산업재해를 감소시키기 위한 목적으로 도시철도 건설공사의 적용범위 파악 및 공종분류를 실시하고, 도시철도 건설 공사의 위험 판단기준을 도출하며, 도시철도 건설공사의 공종별 위험도를 산정하여 분석하였다.

1.2 연구의 범위와 방법

본 연구에서는 부산교통공사 부산도시철도 1호선연장(다대구간)1공구 건설공사 도급계약서를 분석한 결과로부터 도시철도 건설공사를 대상으로 다음과 같이 연구를 진행하였다.

1) 도시철도 건설공사의 적용범위 파악 및 공종분류

본 연구에서 제시하고자 하는 도시철도 건설공사에 대한 범위를 파악하고, 부산도시철도 1호선 연장(다대구간)1공구 건설공사에서 분류한 공종을 대상으로 위험성 평가에 적합한 공종을 분류하며, 그에 따른 세부공종도 분류한다.

2) 도시철도 건설공사 위험판단기준 도출

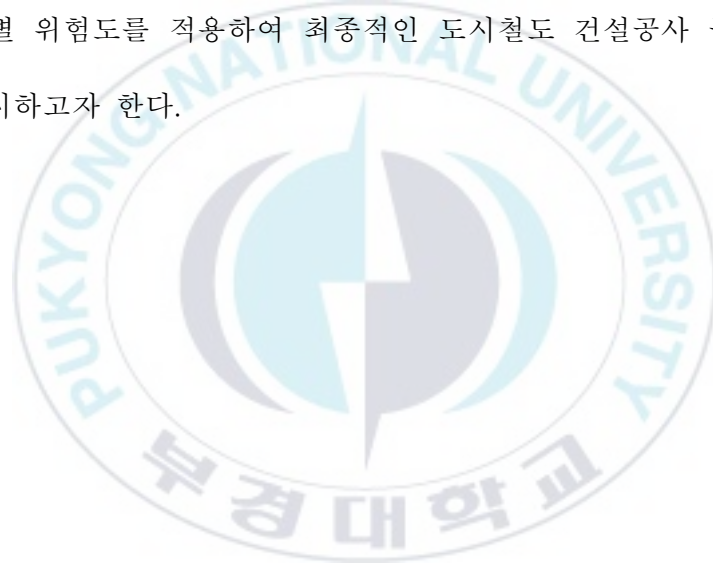
도시철도 건설공사의 공종별 위험도를 산정하기 위해 우선 도시철도 건설공사에 대한 경험이 있는 안전전문가 30명을 대상으로 Brainstorming을 실시하여, 그 결과 도시철도 건설공사의 위험도를 평가하기 위해 영향을 미치는 판단기준을 도출한다.

3) 도시철도 건설공사 공종별 위험도 산정

안전전문가 30명을 대상으로 Brainstorming을 통해 나타난 도시철도 건

설공사의 위험도를 평가하기 위해 영향을 미치는 판단기준을 도출하여, 안전관련 전문가를 대상으로 설문을 실시하여 AHP(Analytic Hierarchy Process)^{14,15)}로 분석하고자 한다. 본 연구에서의 안전관련 전문가란 도시철도 관련 공사 경험을 갖춘 공구장, 부서장, 안전관리자 그리고 현장소장을 말한다.

마지막으로 AHP를 통해 나타난 위험도 판단 기준에 대한 가중치와 그에 따른 공종별 위험도를 적용하여 최종적인 도시철도 건설공사 공종별 위험지수를 제시하고자 한다.



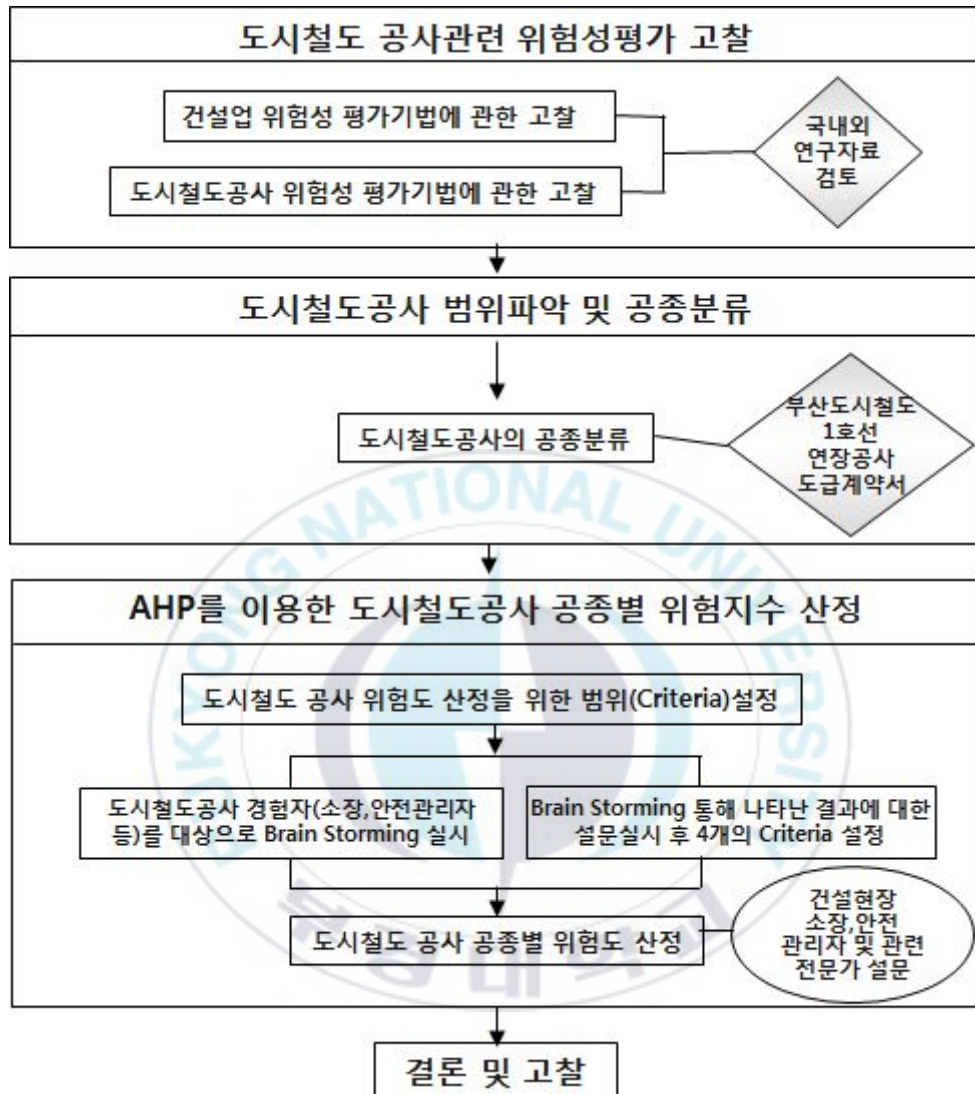


Fig. 2 Flow chart of the study

제 2 장 도시철도공사 위험성평가에 관한 고찰

2.1 위험성의 정의와 개념

위험도에 대한 의미는 다양한 방법과 형태로 정의되어지고 있다. Webster 사전¹⁶⁾에서는 “위험도는 손실, 상해, 손해 또는 파괴의 가능성”이라고 정의되어 있고, “사람이나 물질에 있어서의 부상 또는 손실의 가능성 및 중대성과 관련된 경제적 손실이나 인명피해의 척도”로 정의한다.

공학적인 의미에서 일반적인 위험도라고 하면 “위험이 내재되어 있는 어떤 사건의 발생가능성과 어떠한 적절한 방식으로 측정된 사건의 결과(사망, 경제적 손실, 환경적 충격 등)의 조합¹⁷⁾”으로 표현된다. Al-Bahr¹⁸⁾는 건설공사 프로젝트 위험도에 대해 “불확실의 결과로서 프로젝트 목적에 악영향을 주는 위험사건의 발생가능성에의 노출”로 정의하였으며, 이러한 위험도는 다음과 같은 세 가지 요소로서 구성되어 있다고 하였다.

- ① 위험사건 : 건설공사프로젝트에 내재되어 있는 바람직하지 않은 사건
- ② 위험사건의 불확실성 : 위험사건이 발생할 가능성(발생빈도 또는 발생확률)을 의미함
- ③ 위험사건이 발생할 경우 잠재적 손실 : 내재된 사건의 결과(인명손실, 경제적 손실, 환경침해) 등을 의미함

일반적으로 어떤 프로젝트에 대한 위험성평가는 건설프로젝트에 내재한 위험 도출과 위험도 분석 및 평가의 전 과정을 의미하는 것이다. 이는 위험도 분석을 “프로젝트에 내재된 위험도를 평가하기 위해 정량적인 방법으로 확률이론을 사용하여 위험사건의 불확실성과 위험사건의 잠재적인 손실을 조합하는 과정”으로 정의하는 Al-Bahr¹⁸⁾와도 일치하는 것이다.

이러한 위험분석평가기법에는 확률이나 손실 추정액을 정량적으로 평가하지 않는 기법인 정성적 위험분석평가와 확률의 척도나 경제손실의 정량적 수치로서 평가하는 방법인 정량적 위험분석평가방법으로 대별할 수 있다. 정량적 위험분석평가기법은 확률적인 접근방법으로 수행되기 때문에 확률적 위험도 분석평가 기법과 같은 의미로 사용된다.

2.2 국내 위험성 평가의 현황

국내 위험성 평가는 1996년 1월부터 국내 화학업종을 대상으로 선진국의 공정안전관리(PSM)제도가 도입·실시되어 화학산업의 사고예방에 크게 기여하였으나, 국내 제조업종에 적합한 위험성평가기법이 개발되지 못하여 화학공장에서 사용하는 위험성평가기법을 그대로 사용하기에는 제조업 특성에 어려운 점이 있는 실정으로 제조업에 알맞은 “제조업 위험성 평가 기법”을 제시하고자 “제조업종의 위험성평가 제도 도입에 관한 연구”(한국산업안전공단, 1997)¹⁹⁾를 비롯하여 제조업 위주의 위험성평가 실시되었다.

국내 건설업의 위험성평가는 건설재해의 증가요인과 각 공사관계자의 문제점을 고찰하고, 재해의 구성과 상관관계를 규명하고 분석하여 건설재해 예방지침을 제시하였으며²⁰⁾, 중대재해관련 통계자료 및 현황을 분석하여 각 공종을 재해 중심으로 분류하고 작업공종별 재해특성을 파악하여 재해 특성에 따른 건설안전방안 제시하였으며²¹⁾, 발생한 재해사례를 대상으로 건설공사 공종별 재해발생정도와 위험도를 분석하여, 세부항목별 위험도를 나타낼 수 있는 안전관리 시스템을 개발²²⁾하였다. 또한, 중대재해를 공종별로 분석하고, 현장 조사를 통해 공종별 실제 작업투입인원 및 작업기간의 분석을 통한 작업강도를 도출하여 중대재해사례와 작업강도를 고려한 건축공사 위험성을 평가²³⁾ 하였으며, 건설재해관리에 적합한 분류체계를 제시하고, 공종별, 규모별 재해발생빈도(재해자수 위주)와 강도(근로손실일수 기준)를 산정하였다²⁴⁾.

건설현장의 공중별 위해위험요인에 따른 위험도를 건설공종 및 각 작업에 따른 요소 및 세부작업에 따라 분류하고 각 작업내용에 대한 건설단위 작업을 분석하여 재해발생정도와 그 양에 따른 위험빈도와 위험강도를 기초로 한 위험도 평가를 통해 건설공종별 특성에 적합한 안전관리 계획을 수립할 수 있는 위험지수를 정량화하기 위한 자료를 제시하였으며²⁵⁾, 특히, 한국산업안전보건공단에서 2011년부터 발간한 건설업 공중별 위험성 평가 모델은 과거 1년간의 재해를 세부작업별로 분석하고 위험도를 파악하여 각 공중별 위험성을 평가한 모델을 발행하였다²⁶⁾.

그 후 고용노동부는 사업장이 건설물, 기계·기구, 설비, 원재료, 가스, 증기, 분진 등에 의하거나 작업 행동, 그 밖의 업무에 기인하여 유해위험요인을 찾아내고, 그 결과에 따라 근로자의 위험 또는 건강장해를 방지하기 위하여 필요한 절차와 방법을 제시하고 있으며²⁷⁾, 사업주가 스스로 사업장의 유해·위험요인에 대한 실태를 파악하고 이를 평가하여 관리·개선하는 등 필요한 조치를 할 수 있도록 위험성평가 활성화를 위한 시책의 운영 및 지원 사업을 법제화하여 전 사업장에서 위험성평가를 실시하고 있다²⁸⁾.

국내 건설업 위험성평가는 산업안전보건법 제48조에 의한 유해위험방지 계획서와 KOSHA 18001에 의거하여 위험성평가가 적용되고 있다. 하지만, 전국적으로 지속적인 건설이 이뤄지고 있는 도시철도 건설과 관련된 위험성 평가는 아직 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

2.3 도시철도 건설공사 공사범위 파악 및 공종분류

도시철도 건설공사는 Table 1에서 나타낸 바와 같이 토목, 건축, 기계설비, 궤도, 전차선, 신호, 그리고 통신으로 총 6개의 대공종으로 분류된다. Table 1에서 나타낸바와 같이 토목공종은 가설공사, 굴착공사, 흙막이지보공사, 구조물 공사로 총 4개의 단위공사 및 16개의 세부공종으로 구성되며, 건축공종은 4개의 단위공사 및 9개의 세부공종, 기계설비공종은 5개의 단위공사와 11개의 세부공종, 궤도공종은 2개의 단위공사 및 4개의 세부공종으로 구성되고 전차선공종은 2개의 단위공사 및 6개의 세부공종으로 구성되고, 신호공종이 2개의 단위공사 및 5개의 세부공종으로 구성되고, 마지막으로 통신공종이 2개의 단위공사와 4개의 세부공종으로 구성되어 있다. 그 중 토목공종이 7개의 대공종 가운데 가장 많은 세부공종으로 구성된 것으로 나타났다. 도시철도건설공사는 7개의 대공종과 21개의 단위공사 그리고 55개의 세부공종으로 구성되어 있다.

Table 1 Classification of work type in urban railway construction
(continued)

분야	PKG	단위공사명	세부공사명
토목	C1	가설공사	- 점검통로설치공사 - 지장물 이설공사 - 지장물 매달기공사 - 복공판 설치공사 - 연약지반 보강공사
	C2	굴착공사	- 지장물 줄파기공사 - 본선, 정거장 굴착공사
	C3	흙막이 지보공 공사	- 본선, 정거장 천공공사 - 본선, 정거장 C.I.P공사 - 본선, 정거장 토류벽 설치공사 - 본선, 정거장 콘크리트 타설공사 - 본선, 정거장 H-Beam 설치공사
	C4	구조물공사	- 철근 가공, 조립공사 - 거푸집(형틀) 설치, 해체 공사 - 구조물 콘크리트 타설공사 - 지하구조물 방수공사
건축	A1	습식공사	- 정거장 전기실 조적공사 - 정거장 대합실 견출공사 - 정거장 미장공사
	A2	방수공사	- 정거장 출입구 방수공사 - 본선 환기구 방수공사
	A3	도장공사	- 역사 도장공사
기계설비	M1	전기설비공사	- 역사 배선공사
	M2	기계 및 소방설비공사	- 정거장 장비 및 옥외배관 설치공사 - 정거장 소화배관 및 소방전기 공사 - 본선 소화배관 공사
	M3	공기조화설비 설치공사	- 정거장 공조 덕트 및 공조배관 설치공사 - 위생설비 및 급수배관 설치공사 - EHP 설치공사
	M4	엘레베이터 설치공사	- 정거장 수직구 공사 - 엘레베이터 설치공사
	M5	에스컬레이터 설치공사	- 에스컬레이터 외부 골조공사 - 에스컬레이터 기기 설치공사

Table 1 Classification of work type in urban railway construction

분야	PKG	단위공사명	세부공사명
궤도	O1	회차선공사	- 궤도부설공사 - 지반정지공사
	O2	궤도철거공사	- 회차선, 유치선구간 궤도철거공사
전차선	T1	전기배선공사	- 전차선 설치공사 - 전철주 전기설비 배선공사
	T2	전철주(철탑)공사	- 굴착공사 - 철탑조립공사 - 콘크리트 타설공사 - 전철주 설치공사
신호	S1	모터카운행공사	- 연동장치 공사 - 궤도 용접분드 공사
	S2	케이블관로철거공사	- 회차선 관로공사 - 귀선 본드공사 - 회차선 기존관로 철거공사
통신	CO1	통신 및 보안설비 설치공사	- 에스컬레이터 외부 골조공사 - 에스컬레이터 기기 설치공사
	CO2	통신케이블부설공사	-전화, 인터넷 배선 설치공사 -내부 트레이 설치공사

제 3 장 AHP를 이용한 도시철도 건설공사 위험지수 산출

3.1 AHP 이론적 고찰

1980년대 Saaty에 의해 처음으로 개발된 AHP 접근방법은 해결해야 할 문제를 몇 개의 계층(Hierarchy)으로 구성된 구조로 파악한 후에, 분석과정을 통해 상대적 우선순위(Relative Priority)를 정하는 기법을 의미한다. 즉 AHP 접근방법은 달성해야 할 목표, 환경 시나리오, 의사결정을 위한 여러 가지 기준 및 선택해야 할 대안들로 구성된 계층구조를 통해 복잡한 문제에 대한 최적의사결정을 모색할 수 있는 의사결정 지원 시스템이다. AHP 평가는 각 기준(Criterion)에 관련된 대안들(Alternatives)에 대한 기여도 관점에서의 각 기준들의 상대적 중요도에 관한 의사결정자의 판단에 기초한다. 이러한 판단은 의사결정자의 지식과 경험뿐만 아니라 객관적인 자료에도 근거해야 한다. Saaty가 1980년대에 AHP를 개발한 이후로 많은 연구가 행하여졌다. AHP 접근방법의 이론과 적용에 관한 주요저서^{29~31)}가 있으며 OR과 경영과학 분야에서도 AHP에 대한 연구논문^{31~34)}이 많이 발표되었다.

건설 분야에 있어서 계층분석방법을 이용한 기존 연구들은 입찰, 공법 선정, 관리기법 평가, 리스크 분석, 프로젝트 성공요인 및 중요도 분석 등 여러 분야에서 수행되었다.

Shen³⁵⁾은 AHP를 이용해서 공공건물 유지관리의 우선순위를 선정하였고, Chua³⁶⁾는 건설 프로젝트 성공 요인들에는 어떠한 것들이 있는지에 관한 분석을 위해 AHP를 이용하였다. 그밖에 최근에 까지 건축현장 조직의 프로젝트 수행능력 평가 모델³⁷⁾을 제시하거나 새로운 거꾸집 시스템의 적합성 측정에 있어서의 중요도를 분석³⁸⁾하는데 AHP를 이용하였으며, 건설업이외에 정치, 경제, 사회, 과학 등³⁹⁾ 광범위한 분야에 걸쳐서 복잡한 의사결정 문제에 널리 적용되어 왔다.

특히 다수의 대안들이 비교 및 선택되는 경우, 수많은 대상을 여러 속성에 따라 평가하는 경우, 그리고 수많은 목표들의 우선순위 또는 중요도를 결정하는 경우 등에 직접 응용되거나 또는 효과적인 방법론으로 인식되어 왔다.

Saaty는 복잡한 의사결정 과제들을 단순화하기 위하여 여러 가지 가정들을 도입하는 것을 비판하면서 복잡한 문제는 복잡한 그대로 받아들여, 복잡한 관계에 대한 계층적 접근을 시도해야 할 것이라고 주장하였다. Saaty의 이러한 논리는 1956년 Miller의 심리학 실험에 근거를 두고 있는데, Miller는 사람이 일곱 개보다 많은 대상(두개의 편차는 허용됨)을 착오 없이 동시에 비교하는 것이 실증적인 실험으로부터 불가능하다는 결론을 내렸다. 이에 따라 Saaty⁴⁰⁾는 직접 비교되는 집합 내의 요소의 수를 최대 9개로 제한하였고, 요소들을 이원비교하기 위한 척도도 1부터 9까지의 수를 선택하였

는데 최대값 9의 수는(7 ± 2)에서 비롯된 것이다.

이 기법은 목표값들 사이의 중요도를 계층적으로 나누어 파악함으로써 각 대안의 중요도를 산출하는 방법으로서 다수의 목표, 평가기준, 의사결정 주체가 포함되어 있는 의사결정문제를 계층화하여 해결하는데 적합하다. 즉, 주어진 의사결정문제를 계층화한 후, 상위 계층에 있는 한 요소(또는 기준)의 관점에서 하위계층에 있는 요소들의 쌍대비교를 통해 상대적 중요도 또는 가중치를 구함으로써 최하위 계층에 있는 대안의 우선순위를 구하는 것이다⁴¹⁾. 특히, AHP는 정량적인 요소뿐만 아니라 정성적인 요소까지 고려할 수 있고, 평가의 일관성을 추론할 수 있는 것이 장점이다⁴²⁾. AHP의 수행절차는 Fig. 3과 같으며 다음과 같은 4단계 과정을 거쳐 수행된다.

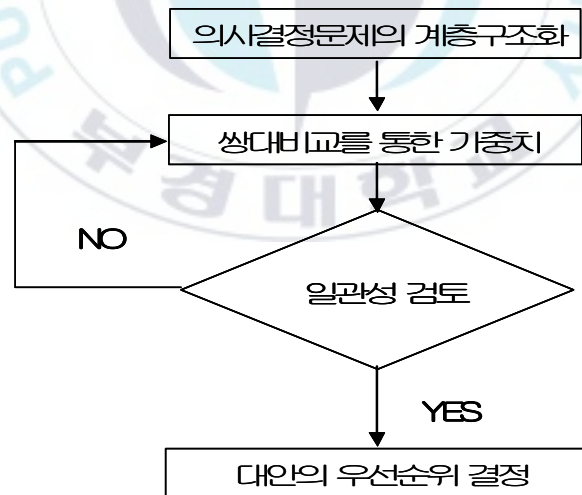


Fig. 3 AHP flow chart

첫째, 평가기준과 각 대안을 설정하여 의사결정문제를 Fig. 4와 같이 계층구조화 한다. 이는 주어진 문제를 상호 관련된 의사결정속성별로 계층화하여 문제를 분해하는 과정으로 문제의 복잡성을 분석적으로 체계화하여 문제해결에 유연성을 주게 된다.

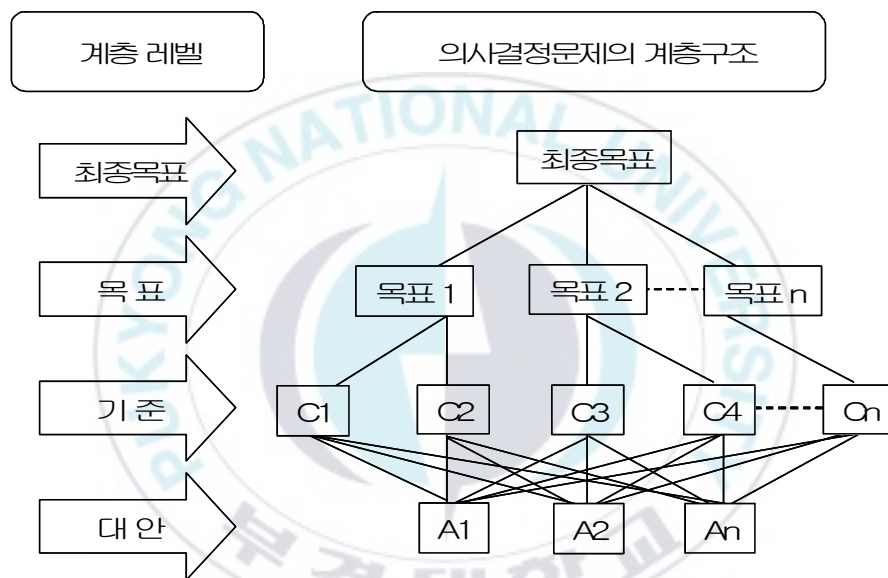


Fig. 4 Hierarchy structure model for decision making

둘째, 계층구조가 설정되면 의사결정자는 동일계층 요소들의 쌍대비교를 실시한 후 Table 2와 같은 쌍대비교 매트릭스를 구한다.

Table 2 The pairwise matrix

	a_1	a_2	a_3	$\cdots$	a_n
a_1	1	a_1/a_2	a_1/a_3	$\cdots$	a_1/a_n
a_2	a_2/a_1	1	a_2/a_3	$\cdots$	a_2/a_n
a_3	a_3/a_1	a_3/a_2	1	$\cdots$	a_3/a_n
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		
a_n	a_n/a_1	a_n/a_2	a_n/a_3	$\cdots$	1

상대적 중요도의 평가를 위해서는 Table 3와 같은 평가척도가 이용된다.

Table 3 Saaty's scale of measurement in pairwise comparison

척 도	정의	설 명
1	동일하다 (equal importance)	두 가지 요소가 상위목표의 기준에서 볼 때 똑같이 중요
3	약간중요 (slight importance)	한 요소가 다른 요소에 비해 약간중요
5	중요 (strong importance)	한 요소가 다른 요소에 비해 훨씬 중요
7	매우 중요 (demonstrated importance)	한 요소의 우위성이 실증되고 있음
9	절대적 중요 (absolute importance)	한 요소의 우위성이 절대시되고 있음
2, 4, 6, 8	각 척도들의 사이값	위에서 정의된 척도들 사이의 값이 요구될 때

쌍대비교 행렬은 임의의 두 요소간의 우월성을 나타내는 정방행렬로서 대각선의 원소값은 모두 1이고 나머지는 상호대칭으로 역수관계에 있다. 작성된 쌍대비교 행렬로부터 요소들의 상대적 가중치와 최대 고유값($\lambda_{\max}$)을 구한다.

셋째, 의사결정자의 논리적 일관성을 검증하기 위해 쌍대비교의 신뢰도를 평가한다. AHP기법에서 Saaty는 신뢰도에 대한 지수를 제시하였는데 이것을 일관성비율(Consistency Ratio : CR)이라고 하며 계산은 식 (1)과 같다.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{\max} - N}{N - 1} \cdot \frac{1}{RI} \dots\dots\dots (1)$$

(여기서, CR : 일관성 비율, CI : 일관성 지수, RI : 확률 지수,
 $\lambda_{\max}$: 최대고유값, N : 행렬의 크기)

일관성비율은 일관성지수를 행렬의 크기 N에 해당하는 확률지수로 나눈 값이며 여기에서 일관성지수는 $(\lambda_{\max} - N)/(N - 1)$ 로 계산되어 진다. 일관성이 완벽할 경우 일관성비율은 0에 가까워지지만 일관성비율이 0.1이상인 경우에는 그 판단을 다시 하거나 수정해야 한다.

Table 4 Average random consistency(RI)

Size of matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random consistency	0.00	0.00	0.58	0.9.	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

마지막으로 각 계층에서 구해진 가중치를 종합하면 각 대안의 우선순위를 파악하여 최적의 대안을 결정할 수 있다.



3.2 도시철도 건설공사 위험판단 기준 도출

도시철도 건설공사의 공종별 위험도를 산정하기 위해 우선 도시철도건설공사에 대한 경험이 있는 안전전문가 30명을 대상으로 Brainstorming을 실시하였다. 그 결과, 도시철도 건설공사의 위험도를 평가하기 위해 영향을 미치는 판단기준은 작업강도, 불안정한 상태, 불안정한 행동, 작업공간, 지장물, 작업인원, 최저가공사, 민원, 복합공정, 돌관작업, 사고경험(사고사례) 그리고 중량작업인 것으로 나타났다.

다음으로 안전전문가 97명을 대상으로 12개의 위험판단 기준에 대하여 2차 설문을 실시하였다. 설문내용은 '12개의 위험판단 기준 가운데 가장 중요하다고 판단되는 기준 4가지를 선택'하는 형식의 설문을 실시하였다. 그 결과, 도시철도건설공사의 공종별 위험도를 평가하기 위해 가장 중요하다고 생각되는 위험판단 기준은 Table 5에서 나타난 바와 같이 작업강도, 불안정한 상태, 지장물 인접 그리고 작업공간(고소작업)인 것으로 나타났다.

Table 5 Criterion for risk assessment through survey

위험 판단기준	인원
중량작업(양중작업)	1
사고경험	8
민원	1
불안전한 행동	1
돌관 작업	5
작업강도	14
복합공정	4
지장물 인접작업	9
최저가 수주	2
작업인원	2
외부 인접작업	5
붕괴	4
지하구간(밀폐구간)환기, 조도	3
작업공간(협소, 지장물 관리)	3
작업인원(多)	2
계획수립상태	2
주변 인접건물(지반침하)	2
운행선 인접작업여부	1
운행선 인접작업	1
기후조건	1
활선작업	1
위험성평가(강도율과 빈도율)	1
안전보호구 미착용	1
작업공간(고소작업)	10
불안전한 상태	13
합계	97

3.3 위험도 판단기준에 대한 가중치 산정

안전전문가 30명을 대상으로 Brainstorming을 통해 나타난 도시철도 건설공사의 위험도를 평가하기 위해 영향을 미치는 판단기준 4가지에 대해 안전관련 전문가를 대상으로 설문지를 실시하여 AHP(Analytic Hierarchy Process)^{12,13)}로 분석하였다. 본 연구에서의 안전관련 전문가란 도시철도 관련 공사 경험을 갖춘 공구장, 부서장, 안전관리자 그리고 현장소장을 말한다. Table 6에서는 50부의 설문지 중에서 일관성 비율(CR : Consistency Ratio)이 0.1 이하인 설문지의 수를 설문대상에 따라 분석하였다.

Table 6 Analysis of consistency ratio for survey

설문대상	설문지 배포수	CR(Consistency Ratio) : number of questionnaire less than 0.1
공구장, 부서장, 안전관리자 현장소장	50부	29부

Table 7은 도시철도 공사시 위험성을 판단하는 4가지의 기준에 대한 설문을 실시한 결과이다.

Table 7 AHP results for criteria survey

대상	일관성비율 (CR)0.1이하 설문지수	Sub.	위험도 판단 기준별 가중치			
			작업강도	불안전 상태	지장물 인접	작업공간
도시철도 공사관련 전문가	29부	1	0.57	0.22	0.12	0.09
		2	0.08	0.06	0.50	0.36
		3	0.24	0.36	0.26	0.14
		4	0.56	0.18	0.22	0.05
		6	0.50	0.33	0.12	0.05
		7	0.58	0.23	0.11	0.07
		8	0.43	0.16	0.17	0.24
		10	0.53	0.21	0.13	0.13
		14	0.52	0.18	0.15	0.14
		15	0.55	0.28	0.09	0.07
		17	0.52	0.25	0.12	0.11
		18	0.59	0.26	0.09	0.05
		19	0.54	0.23	0.13	0.10
		20	0.37	0.22	0.17	0.24
		21	0.50	0.33	0.12	0.06
		22	0.62	0.24	0.09	0.06
		25	0.24	0.36	0.26	0.14
		26	0.58	0.23	0.11	0.07
		29	0.37	0.22	0.17	0.24
		30	0.43	0.16	0.17	0.24
		31	0.53	0.21	0.13	0.13
		33	0.52	0.25	0.12	0.11
		34	0.59	0.26	0.09	0.05
		36	0.57	0.22	0.12	0.09
		39	0.08	0.06	0.50	0.36
		42	0.57	0.22	0.12	0.09
		45	0.55	0.28	0.09	0.07
		47	0.08	0.06	0.50	0.36
		49	0.53	0.21	0.13	0.13
Total		29부	0.46	0.22	0.18	0.14

일관성 비율이 0.1이하인 설문지 29부에 대하여 AHP 분석을 실시한 결과 도시철도 건설공사의 위험도를 평가하는데 가장 중요한 위험판단 기준은 작업강도(0.46)인 것으로 나타났으며, 다음으로 불안정한 상태(0.22), 지장물 인접(0.18), 작업공간(0.14)의 순으로 나타났다.

3.4 위험도 판단기준 4가지에 따른 공종별 위험도 분석

위험도 판단기준을 대상으로 도시철도 건설공사의 공종별 위험도에 대한 설문을 실시하였다.

Table 8에서 나타난 바와 같이 도시철도 건설공사 공종별 위험지수를 산정하기 위해 각 위험도 판단기준에 대해 총 50부의 설문지를 분석한 결과 일관성 비율이 0.1 이하인 설문지는 작업강도의 경우 17부, 불안전한 상태 16부, 지장물 인접여부가 11부 그리고 작업공간(고소작업)이 13부로 각각 나타났다.

Table 8 CR(Consistency Ratio) results for survey

구분	설문지 배포수	일관성비율(CR) 0.1이하 설문지수			
		작업강도	불안전한 상태	지장물 인접여부	작업공간 (고소작업)
도시철도공사 안전전문가	50부	17부	16부	11부	13부

Table 9에서는 위험판단 기준 중 작업강도에 따른 공종별 위험도에서는 일관성 비율(CR)이 0.1이하 설문지수가 17부로 나타났으며, 그에 따른 위험도는 토목-건축-기계설비-궤도-전차선-신호-통신 공종 순으로 위험도가 높게 분석되었다.

Table 9 Risk level analysis of work types by risk criteria(intensity of work)

대상	토목	건축	기계설비	궤도	전차선	신호	통신
도시철도 안전 전문가	0.45	0.21	0.11	0.15	0.15	0.21	0.21
	0.54	0.23	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	0.34	0.32	0.23	0.09	0.06	0.05	0.04
	0.55	0.25	0.08	0.08	0.08	0.04	0.04
	0.42	0.35	0.12	0.09	0.04	0.04	0.02
	0.44	0.31	0.13	0.10	0.05	0.04	0.03
	0.20	0.41	0.16	0.16	0.18	0.13	0.09
	0.35	0.23	0.14	0.21	0.21	0.17	0.17
	0.71	0.10	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
	0.52	0.22	0.12	0.09	0.11	0.04	0.05
	0.56	0.21	0.09	0.08	0.15	0.04	0.03
	0.52	0.22	0.12	0.09	0.11	0.04	0.05
	0.54	0.23	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	0.34	0.32	0.23	0.09	0.06	0.05	0.04
	0.55	0.25	0.08	0.08	0.08	0.04	0.04
	0.35	0.23	0.14	0.21	0.21	0.17	0.17
	0.44	0.31	0.13	0.10	0.05	0.04	0.03
합계	0.46	0.26	0.13	0.11	0.11	0.08	0.07

Table 10에서는 위험판단 기준 중 불안전한 상태에 따른 공종별 위험도에서는 일관성 비율(CR)이 0.1이하 설문지 수가 16부로 나타났으며, 그에 따른 위험도는 토목-건축-기계설비 및 궤도와 전차선-신호-통신 공종 순으로 위험도가 높게 분석되었다.

Table 10 Risk level analysis of work types by risk criteria(unsafe condition)

대상	토목	건축	기계설비	궤도	전차선	신호	통신
도시철도 안전 전문가	0.43	0.22	0.13	0.15	0.15	0.21	0.21
	0.10	0.21	0.06	0.46	0.55	0.26	0.12
	0.52	0.19	0.10	0.13	0.11	0.03	0.03
	0.36	0.37	0.20	0.05	0.05	0.04	0.04
	0.58	0.18	0.11	0.09	0.08	0.04	0.04
	0.30	0.36	0.22	0.09	0.06	0.03	0.02
	0.32	0.36	0.22	0.09	0.06	0.03	0.02
	0.51	0.30	0.06	0.09	0.08	0.05	0.04
	0.28	0.42	0.10	0.14	0.14	0.14	0.10
	0.62	0.19	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	0.20	0.41	0.16	0.16	0.18	0.13	0.09
	0.35	0.23	0.14	0.21	0.21	0.17	0.17
	0.71	0.10	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
	0.52	0.22	0.12	0.09	0.11	0.04	0.05
	0.54	0.23	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
	0.34	0.32	0.23	0.09	0.06	0.05	0.04
합계	0.42	0.27	0.13	0.13	0.13	0.09	0.08

Table 11에서는 위험판단 기준 중 지장물 인접에 따른 공종별 위험도에
서는 일관성 비율(CR)이 0.1이하 설문지 수가 11부로 나타났으며, 그에 따
른 위험도는 토목-건축-기계설비 및 궤도-전차선-신호 및 통신 공종 순으
로 위험도가 높게 분석되었다.

**Table 11 Risk level analysis of work types by risk criteria(obstruction
near work)**

대상	토목	건축	기계 설비	궤도	전차선	신호	통신
도시철도 안전 전문가	0.42	0.14	0.18	0.20	0.14	0.20	0.20
	0.54	0.28	0.08	0.06	0.08	0.06	0.05
	0.61	0.18	0.12	0.06	0.06	0.07	0.07
	0.52	0.23	0.08	0.13	0.09	0.06	0.06
	0.30	0.34	0.13	0.17	0.17	0.17	0.17
	0.68	0.07	0.07	0.11	0.18	0.07	0.08
	0.59	0.21	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08
	0.51	0.30	0.06	0.09	0.08	0.05	0.04
	0.52	0.19	0.10	0.13	0.11	0.03	0.03
	0.32	0.36	0.21	0.07	0.05	0.03	0.02
	0.52	0.22	0.12	0.09	0.11	0.04	0.05
합계	0.50	0.23	0.11	0.11	0.10	0.08	0.08

Table 12에서는 위험판단 기준 중 작업공간에 따른 공종별 위험도에서는 일관성 비율(CR)이 0.1이하 설문지 수가 13부로 나타났으며, 그에 따른 위험도는 토목-건축-기계설비-궤도 및 전차선-신호 공종 순으로 위험도가 높게 분석되었다.

Table 12 Risk level analysis of work types by risk criteria(work space)

대상	토목	건축	기계 설비	궤도	전차선	신호	통신
도시철도 안전 전문가	0.45	0.20	0.11	0.19	0.14	0.13	0.14
	0.47	0.25	0.15	0.09	0.07	0.04	0.03
	0.36	0.41	0.14	0.06	0.06	0.04	0.04
	0.61	0.18	0.12	0.06	0.06	0.07	0.07
	0.24	0.28	0.23	0.15	0.22	0.05	0.03
	0.39	0.36	0.12	0.10	0.07	0.05	0.04
	0.19	0.50	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
	0.62	0.19	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	0.43	0.21	0.25	0.07	0.07	0.03	0.03
	0.43	0.22	0.13	0.15	0.15	0.21	0.21
	0.20	0.41	0.16	0.16	0.18	0.13	0.09
	0.71	0.10	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08
	0.52	0.19	0.10	0.13	0.11	0.03	0.03
합계	0.43	0.27	0.14	0.11	0.11	0.08	0.08

Table 13에서는 일관성 비율이 0.1이하인 설문지를 대상으로 도시철도 건설공사의 공종별 위험도를 AHP로 분석하였다.

Table 13 AHP result of survey for work types

분류	토목	건축	기계설비	궤도	전차선	신호	통신
작업강도	0.46	0.26	0.13	0.11	0.11	0.08	0.07
불안전한 상태	0.42	0.27	0.13	0.13	0.13	0.09	0.08
지장물 인접작업	0.50	0.23	0.11	0.11	0.10	0.08	0.08
작업공간 (고소작업)	0.43	0.27	0.14	0.11	0.11	0.08	0.08

도시철도 건설공사 공종별 위험도를 각 위험도 판단기준별로 분석한 결과, ‘작업강도’라는 위험판단 기준의 경우에는 토목공사의 위험도가 0.46으로 가장 높게 나타났다. 다음으로 건축공사(0.26), 기계설비공사(0.13)와 궤도공사(0.11), 전차선공사(0.11) 그리고 신호(0.08) 및 통신(0.07)의 위험도 순으로 나타났다. ‘불안전한 상태’라는 위험도 판단 기준의 경우에도 역시 토목공사의 위험도가 0.42로 가장 높게 나타났으며, 건축공사(0.27), 기계설비공사(0.13), 궤도공사(0.13), 전차선공사(0.13) 그리고 신호(0.09) 및 통신(0.08)의 위험도 순으로 나타났다. ‘지장물 인접’이라는 위험도 판단 기준의

경우에도 토목공사의 위험도가 0.50로 가장 높게 나타났으며, 건축공사 (0.23), 기계설비공사(0.11), 궤도공사(0.11), 전차선공사(0.10) 그리고 신호 (0.08) 와 통신(0.08)의 위험도 순으로 나타났다. 마지막으로 ‘작업공간(고소 작업)’이라는 위험도 판단 기준의 경우에도 역시 토목공사의 위험도가 0.43 으로 가장 높게 나타났으며, 건축공사(0.27), 기계설비공사(0.14), 궤도공사 (0.11), 전차선공사(0.11) 그리고 신호(0.08)와 통신(0.08)의 위험도 순으로 나타났다. 도시철도 건설공사의 공종별 위험도를 최종적으로 Fig. 5와 같이 산정하였다. Fig. 5에서 나타낸 바와 같이 도시철도 건설공사의 공종별 최종 위험도를 살펴보면 토목공사가 0.4500로 가장 높은 공종인 것으로 나타났다. 다음으로 건축공사의 위험도가 0.2575로 나타났으며, 기계설비공사의 위험도가 0.1275, 궤도공사의 위험도 0.1150, 전차선공사의 위험도 0.1125 그리고 신호공사 위험도가 0.0825, 마지막으로 통신공사의 위험도가 0.0775로 나타났다.

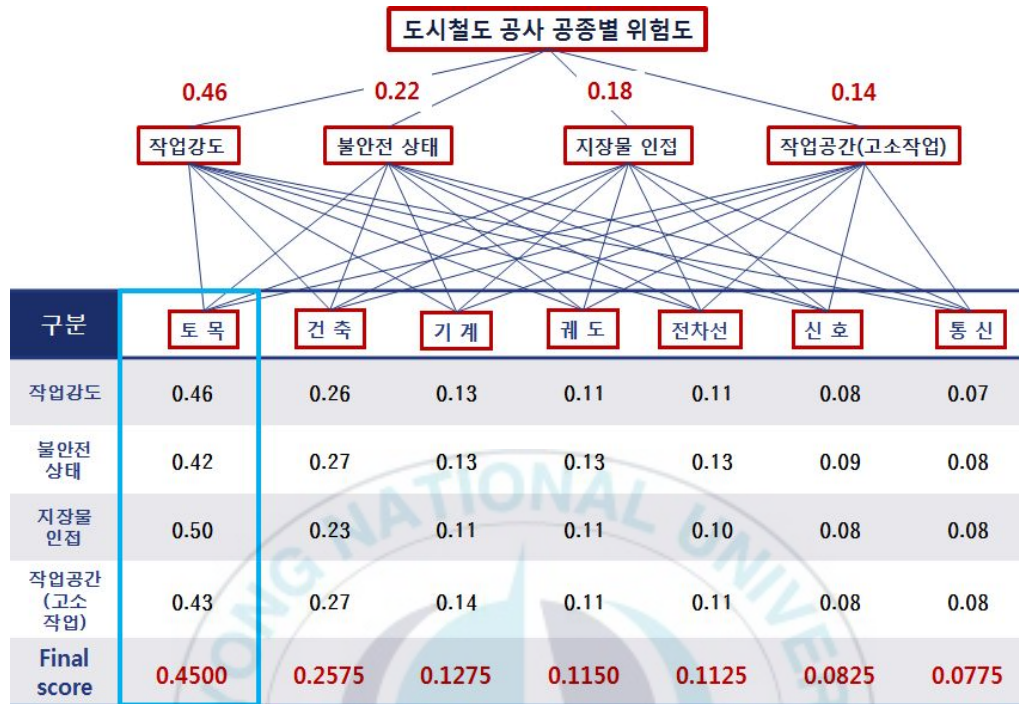


Fig. 5 Final risk score for work type by AHP

제 4 장 결론 및 고찰

본 연구에서는 도시철도 건설에 종사하는 안전전문가를 대상으로 하여 도시철도 건설공사 시 위험성을 판단하기 위한 기준을 도출하고 위험도를 분석하였다. 먼저, 도시철도 건설공사에서 위험성을 판단할 수 있는 기준을 파악하기 위해 안전전문가를 대상으로 1차적으로 Brainstorming을 실시하였다. Brainstorming 결과 도출된 기준을 적용하여 AHP를 이용한 도시철도 건설공사의 공종(토목, 건축, 기계설비, 궤도, 전차선, 신호, 통신공사)별 위험도를 분석하였으며, 연구의 결과를 통해 아래와 같은 결론을 도출하였다.

1) 안전전문가를 대상으로 Brainstorming을 실시하여 도시철도 건설공사의 위험성을 판단하기 위하여 작업강도, 불안전 상태, 지장물 인접, 작업공간(고소작업)등 4가지 기준을 도출하였다. 이 중 작업강도와 지장물 인접작업이 도시철도 건설공사의 위험도에 많은 영향을 주는 것으로 분석되었으며, 특히 상수도 관, 도시가스 등 지장물이 인접한 장소에서 작업강도가 높은 작업을 하는 조건에서 위험도가 높게 나타나고 있다. 이는 도시철도 건설공사의 특징이라 할 수 있는 협소한 공간에서의 작업이 많고 이로 인해 소요되는 장비 및 근로자의 수가 많기 때문인 것으로 판단된다.

2) 도시철도 건설공사에서 위험성을 판단할 수 있는 기준을 파악하기 위해 안전전문가를 대상으로 1차적으로 Brainstorming을 실시하였고, 그 결과를 적용하여 도시철도 건설공사의 공종(토목, 건축, 기계설비, 궤도, 전차선, 신호, 통신공사)별 위험도를 구하기 위한 설문 실시하였으며, 설문결과는 AHP를 이용하여 분석하였다. 그 결과 7개의 공종 중에서 토목공종의 위험도가 0.4500로 가장 높게 나타났다. 토목공종의 위험도가 높게 나타난 이유는 타(건축, 기계설비, 궤도, 전차선, 신호, 통신)공종에 비하여 다수 직종과 근로자 및 장비를 동시에 투입하며, 토공 및 구조물, 가시설물(비계, 작업발판, 안전시설물 등) 설치 등 작업강도 조건에서도 타 공종에 비하여 상당히 높은 실정으로 위험도가 높게 분석되는 것으로 사료된다. 반면에 건축, 기계설비, 통신, 신호 등 공종은 토목공종에 비하여 보다 마감위주의 작업과 소수직종(운반, 설치 등), 유동 근로자가 적어 위험도 측면에서 다소 낮게 분석된 것으로 사료된다.

3) 도시철도 건설공사의 공종 중에서 위험도가 높게 나타난 토목공종의 특징은 다수 직종과 근로자의 수 및 유동 근로자가 많기 때문이다. 이러한 위험공종에 대해서는 안전관리자, 보조원, 감시원 등의 증원과 협력사 안전관리비 산정 시 위험도에 따른 공종별 산업안전보건관리비의 적정 요율을

적용하여 효율적인 투자를 하는 등 선택과 집중이 필요할 것으로 사료된다. 특히 토목공종의 토공 및 가시설공사의 경우 공종의 성격상 사고발생시 사고 강도가 매우 높으며 인적피해 이외에도 막대한 물적 피해를 야기할 수 있으므로 좀 더 집중적인 인원의 투입이 필요하다. A건설의 경우 최초 계약 시 협력사 안전관리비의 시설비 항목을 원청사 부분으로 배정하여 계약을 실시한다. 효율적인 금액집행과 적재적소의 현장 안전시설물의 투입의 명목으로 실시하는 경우라 할수 있는데, 본 연구 결과를 통하여 봤을 때 이는 오히려 협력사의 안전의지를 저하 시키고, 현업의 안전관리자의 업무부담을 가중 시키는등 효율적인 현장안전관리 업무의 저해요소로 작용한다는 것을 알 수 있었다. 이를 위해 유해위험방지계획서 작성 및 공종별 안전관리계획서 작성 시 공종별 위험도 분석을 활용한 재해 감소 대책 방안을 모색하고, 향후 인력 투입에 의한 건설공사의 진행 보다는 장비의 개발 및 활용을 통한 인적 위험정도를 감소하며, 위험도가 높은 공종에 대한 기술적, 관리적, 교육적 안전관리 기법의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 도시철도 건설공사를 수행함에 있어서 위험도를 판단할 수 있는 기준을 안전전문가를 대상으로 Brainstorming을 실시하여 도출하였다. 이는 정성적인 판단 기준에만 의존해 나타난 결과이므로 향후 도시철도 건설공사 재해사례를 이용하여 정량적 분석을 통한 신뢰성 증대가 필요할 것

으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 도시철도 건설공사의 7개 공종에 대한 위험도를 분석했으나, 향후 21개의 단위공사 및 55개의 세부공종에 대한 위험도 분석을 실시함으로써 도시철도 건설공사 시 발생할 수 있는 산업재해를 근절을 위해 추가적인 연구를 수행할 필요가 있을 것으로 사료된다.



참고문헌

- 1) 채정식 “도시철도 건설종사자의 작업능력과 직무스트레스에 관한 연구” 2014
- 2) 고용노동부 “산업재해현황”, 2003-2013.
- 3) 부산교통공사, 안전환경건설, 건설진행, 건설계획
<http://www.humetro.busan.kr/korea/main/>
- 4) 김규중, “도시철도 차량의 제연설비를 활용한 화재안전성 향상에 관한 연구”, 2006
- 5) 김충수, “도시철도 차량 유지보수 효율화 방안 고찰”, 2015
- 6) Y. S. Kim, H. Y. Meng, J. B. Wang, "Emergency Evacuation Scenario Study of Urban Metro Vehicle Running on Elevated Guideway", Journal of the KOSOS, Vol. 27, No. 3, pp 117~124, 2012
- 7) Y. S. Kim, "The Study of Risk Matrix Development for Urban Metro EMU", Journal of the KOSOS, Vol. 26, No. 6, pp 111~117, 2011
- 8) J. B. Lee, S. S. Go, and S. R. Chang, "The Risk Assessment of Work Type in Reinforced Concrete Construction Work", Journal of the KOSOS, Vol. 20, No. 1, pp 119~125, 2005
- 9) J. B. Lee, S. S. Go, and S. R. Chang, "A Study on the Risk Rate

- of Work Type According to the Fatal Accident Cases and the Work Strength in Construction Work”, Journal of the KOSOS, Vol. 21, No. 4, pp 102~107, 2006
- 10) S. S. Go and J. H. Oh, “A Study on the Risk Assessment of Formwork”, Journal of the KOSOS, Vol. 17, No. 3, 2002, pp 96~101.
- 11) M. W. Lee, C. S. Lee, and S. J. Choi, “A Study on the Estimation of Severity for Apartment Construction Work”, Journal of the KOSOS, Vol. 15, No. 2, 2000, pp 118~125
- 12) M. W. Lee and C. S. Lee, “A Study on the Estimation of Severity Rate for Construction Work”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 16, No. 5, 2005.05, pp105~112.
- 13) KOSHA, “A study on the safety models through risk assessment by specialty construction”, 2009
- 14) Saaty, T. L., “The Analytic Hierarchy Process”, New York, McGraw-Hill, 1980.
- 15) Saaty, T. L., “Decision Making for Leaders”, RWS Publications. 1995.
- 16) Merriam-Webster Online Dictionary, “Definition of Risk”,

<http://www.m-w.com/dictionary/risk>

- 17) 건설교통부 한국건설기술연구원, “건설공사의 위험도분석평가 기법 개발”, 2004.
- 18) J. F. Al-Bahr and K. C. Crandall, “Systematic Risk Management Approach for Construction”, J of Construction Engineering and management, Vol. 116, No. 3, pp. 533~546. 1990.
- 19) 김두환, 한국산업안전보건공단 산업안전연구원, “제조업종의 위험성평가 제도 도입에 관한 연구”, 1997. 12. 31
- 20) 정지영, 박영기, “건설공사의 안전관리와 재해 감소대책에 대한 연구” 1996
- 21) 이종빈, “재해사례분석을 통한 빌딩공사 재해 특성”, 2004
- 22) 고성석, “재해사례와 위험도 지수를 활용한 건축공사 안전정보 시스템 개발”, 2005
- 23) 이종빈, “중대재해와 작업강도를 고려한 건축공사 위험성 평가”, 2006
- 24) 최근 3년간 건설업 공종별·규모별 재해발생률 현황분석추가3) 김두환, 한국산업안전공단 산업안전연구원, “제조업종의 위험성평가 제도 도입에 관한 연구”, 1997. 12. 31
- 25) 노민래, 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원, “빌딩공사의 위험도 평가를 통한 위험지수 정량화 연구”, 2003. 12. 31

- 26) 한국산업안전공단“건설업 공중별 위험성 평가 모델”, 8판, 2011년 6월
- 27) 고용노동부 “사업장 위험성 평가(Risk assessment) 매뉴얼”, 2012
- 28) 고용노동부 고시 제2012-104호.“사업장 위험성 평가에 관한 지침
2012. 09. 26
- 29) T. L. Saaty, “The Analytic Hierarchy Process”, New York,
McGraw – Hill, 1980.
- 30) T. L. Saaty, “Decision Making for Leaders”, RWS Publications,
1995.
- 31) T. L. Saaty, “A Scaling Method for Priorities in Hierarchical
Structures”, Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, pp.
234~281, 1977.
- 32) Y. Wind and T. L. Saaty, “Marketing Applications of the Analytic
Hierarchy Process”, Management science, Vol. 26, No. 7,
pp.641~658, 1980.
- 33) T. Cook, P. Falchi, and R. Mariano, “An Urban Allocation Model
Combining Time series and Analytic Hierarchy Methods”,
Management Science, Vol. 30, No. 2, pp. 198~208, 1984.
- 34) P. T. Harker, “The Use of Expert Judgements in Predicting
Interregional Migration Patterns: An Analytic Hierarchy Approach”,

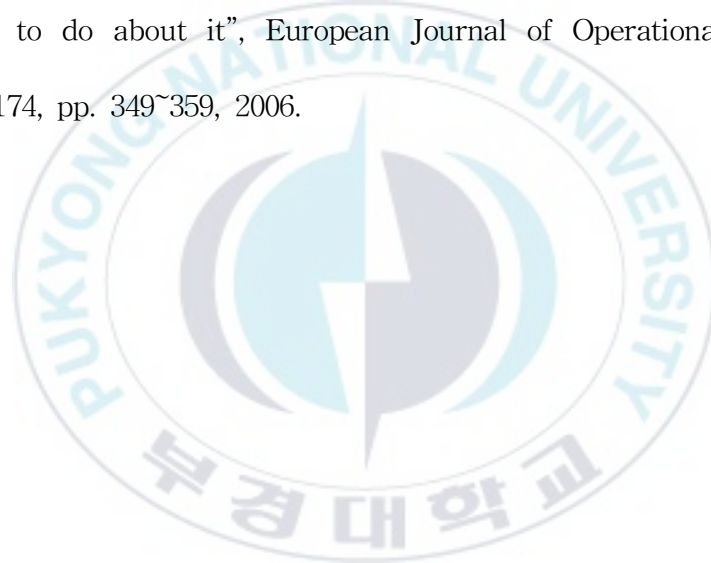
Geographical Analysis, Vol. 18, No. 1, pp. 62~80, 1986.

- 35) Q. Shen, K.K Lo, Q Wang, "Priority Setting in Maintenance Management: a Modified Multi-Attribute Approach Using Analytic Hierarchy Process", Construction Management and Economic, Vol. 16, pp. 693~702, 1998.
- 36) D. K. H. Chua, Y. C. Kog, P. K. Loh, "Critical Success Factors for Different Project Objectives", Journal of construction Engineering and Management, pp. 142~150, 1998.
- 37) 석성준, 안성훈, 강경인, "계층분석과정을 이용한 건축현장 조직의 프로젝트 수행 능력 평가 모델", 대한건축학회논문집, 제21권, 제5호, pp. 143~150, 2005.
- 38) A. M. Elazouni, A. E. Ali, R. H. Abdel-Razek, "Estimating the Acceptability of New Formwork Systems Using Neural Networks", Journal of Construction Engineering and Management ASCE, Vol. pp. 33~41, 2005.
- 39) C. S Yu, "A GP-AHP Method for Solving Group Decision-Making Fuzzy AHP Problems", Computers & Operations Research 29, pp. 1969~2001, 2002.
- 40) T. L. Saaty, M. S. Ozdemir, "Why the Magic Number Seven Plus

or Minus Two”, Mathematical and Computer Modelling, Vol. 38, pp. 233~144, 2003.

41) X. Zeshui, W. Cuiping, “A Consistency Improving Method in the Analytic Hierarchy Process”, European Journal of Operational Research, Vol. 116, pp. 443~449, 1999.

42) M. S. Ozdemir, T. L. Saaty, “The Unknown in Decision - Making What to do about it”, European Journal of Operational Research, Vol. 174, pp. 349~359, 2006.



AHP를 이용한 도시철도 건설공사

공종별 위험도의 신뢰성 검증을 위한 설문

본 설문조사의 목적은 도시철도 건설공사의 공종별 위험도를 산정하기 위한 것으로 설문내용 중에 제시된 내용으로 도시철도 건설공사의 공종별 위험도를 정량화하기 위해 전문가인 여러분의 의견을 듣고자 합니다.

본 조사결과는 연구이외의 다른 목적으로 절대 사용하지 않을 것이며, mail 주소를 남겨주시면 연구결과를 보내드리겠습니다.

다소 번거롭더라도 부디 끝까지 읽으시고 설문지를 작성하여 주시면 감사하겠습니다.

귀 현장의 무재해와 귀하의 앞날에 무궁한 발전이 있으시길 충심으로 기원합니다.

소 속 : 부경대학교 안전공학과 산업대학원

주 소 : 부산광역시 남구 대연동 부경대학교 대연캠퍼스 나래관 515호

담당자 : 한 인 국(email : inkuk.han@hdec.co.kr)

연락처 : Tel.(051)290-1621

Fax.(051)205-7148

부경대학교 안전공학과

설문조사에 앞서 아래 내용을 한번 읽으시고 설문에 응해
주시기 바랍니다.

본 설문은 도시철도 건설공사의 위험요인을 측정하고, 그에 따른
공종별 위험도를 측정하고자 함에 목적이 있으며, 4개의 위험요인(요
소)별 위험도(중요도)를 비교하고, 도시철도 건설공사의 각 공종에 대
한 위험요인(요소)별 위험도를 비교하는 방법으로 설문을 실시하고자
합니다.

다음의 설문은 AHP(Analytic Hierarchy Process)모형에 있어서 각 요소들의 위험도 결정방법이 타당한가를 연구하기 위한 것으로써, 각 문항에 답하는 요령은 아래와 같습니다.

(예) “작업강도는 불안전상태와 비교하여()위험(중요)하다”의 질문에 작업강도의 위험요인이 불안전상태와 비교하여 매우 위험하면 “5”를 기입하고 작업강도라는 위험요인이 불안전상태라는 위험요인에 1/5에 해당하면 1/5을 기입해야 합니다.

Table 1 위험(중요)도의 정량화 측정 단위

“비슷하게”	위험(중요)하면	숫자 1	로 답할 것
“약 간”	위험(중요)하면	숫자 3	
“매 우”	위험(중요)하면	숫자 5	
“확 실 히”	위험(중요)하면	숫자 7	
“절 대 로”	위험(중요)하면	숫자 9	

(참고 : 숫자 2,4,6,8도 가능함, 만일 “매우”와 “확실히”의 중간 정도로 생각되면 5와 7의 중간수인 6으로 답하면 됨)

본 설문의 주요 내용으로써 위험 판단요인(요소)분류와 도시철도 건설공사
의 공종별 분류는 다음과 같습니다.

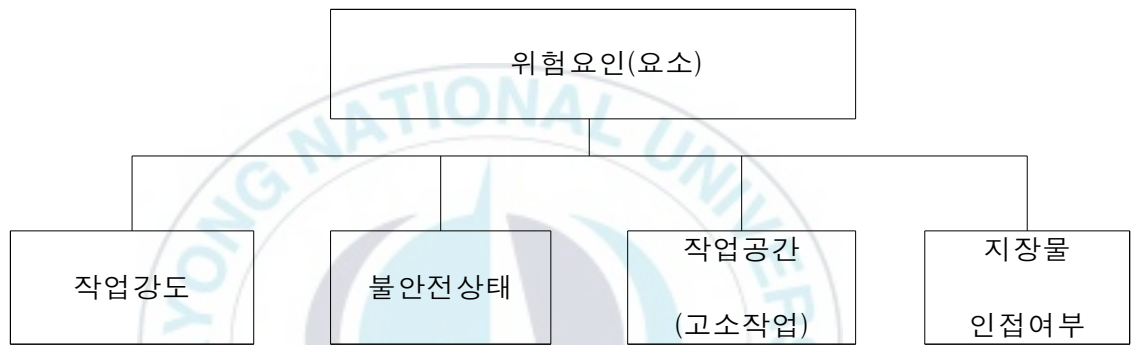


Fig. 1 위험 판단요인(요소)의 분류

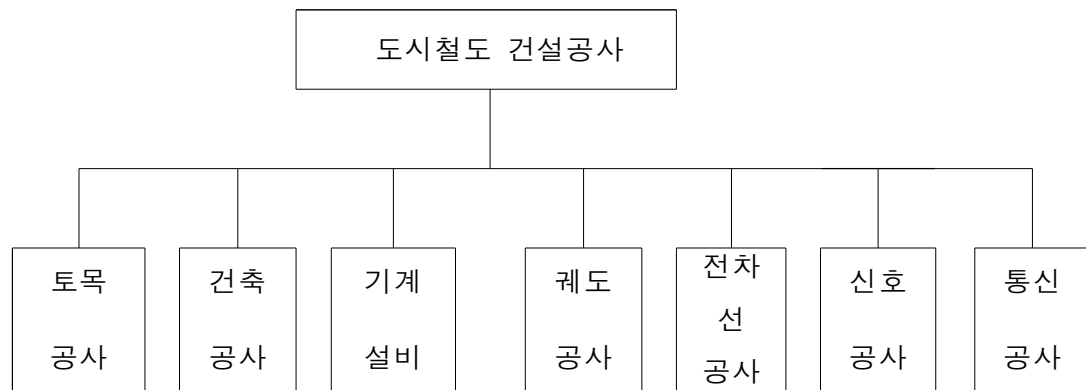


Fig. 2 도시철도 건설공사의 공종분류



현재 귀하의

1. 직 책 : ☐ 현장소장 ☐ 안전관리자 ☐ 부서장 ☐ 공구장

2. 근무경력 : (건설 년 중 도시철도 건설 년)

<문항 1> 위험요인(요소)별 위험도 설문문항

(참고 : 숫자 2, 4, 6, 8도 가능함, 만일 “매우”와 “확실히”의 중간 정도로 생각되면 5와 7의 중간수인 6으로 답하면 되며, 그리고 만일 작업환경이 근로자수 보다 “매우” 위험할 경우 역수인 ‘1/5’로 답하면 됩니다.)

(1) 작업강도는 불안전상태와 비교하여 위험판단요인(요소)으로
() 중요하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 작업강도는 작업공간(고소작업)과 비교하여 위험판단요인(요소)으로
() 중요하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 작업강도는 지장물 인접여부와 비교하여 위험판단요인(요소)으로
() 중요하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 불안전상태는 작업공간(고소작업)과 비교하여 위험판단요인(요소)으
로 () 중요하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 불안전상태는 지장물 인접여부와 비교하여 위험판단요인(요소)으로
() 중요하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 작업공간(고소작업)은 지장물 인접여부와 비교하여 위험판단요인(요
소)으로 () 중요하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 2> 공중에 속한 공사별 위험도 설문문항

(참고 : 숫자 2, 4, 6, 8도 가능함, 만일 “매우”와 “확실히”의 중간 정도로 생각되면 5와 7의 중간수인 6으로
답하면 되며, 그리고 만일 작업강도만 고려했을 때 건축공종이 토목공종 보다 “매우”위험할 경우 역수인 1/5로
답하면 됩니다.)

(1) 작업강도만 고려했을 때 토목공사는 건축공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 작업강도만 고려했을 때 토목공사는 기계설비공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 작업강도만 고려했을 때 토목공사는 궤도공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 작업강도만 고려했을 때 토목공사는 전차선공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 작업강도만 고려했을 때 토목공사는 신호공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 작업강도만 고려했을 때 토목공사는 통신공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 불안전상태만 고려했을 때 토목공사는 건축공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 불안전상태만 고려했을 때 토목공사는 기계설비공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 불안전상태만 고려했을 때 토목공사는 궤도공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 불안전상태만 고려했을 때 토목공사는 전차선공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 불안전상태만 고려했을 때 토목공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 불안전상태만 고려했을 때 토목공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 토목공사는 건축공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 토목공사는 기계설비공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 토목공사는 궤도공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(16) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 토목공사는 전차선공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(17) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 토목공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(18) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 토목공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(19) 지장물 인접여부만 고려했을 때 토목공사는 건축공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(20) 지장물 인접여부만 고려했을 때 토목공사는 기계설비공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(21) 지장물 인접여부만 고려했을 때 토목공사는 궤도공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(22) 지장물 인접여부만 고려했을 때 토목공사는 전차선공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(23) 지장물 인접여부만 고려했을 때 토목공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(24) 지장물 인접여부만 고려했을 때 토목공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(25) 작업강도만 고려했을 때 건축공사는 기계설비공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(26) 작업강도만 고려했을 때 건축공사는 궤도공사와 비교하여 ()

위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(27) 작업강도만 고려했을 때 건축공사는 전차선공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(28) 작업강도만 고려했을 때 건축공사는 신호공사와 비교하여 ()

위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(29) 작업강도만 고려했을 때 건축공사는 통신공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(30) 불안전상태만 고려했을 때 건축공사는 기계설비공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(31) 불안전상태만 고려했을 때 건축공사는 궤도공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(32) 불안전상태만 고려했을 때 건축공사는 전차선공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(33) 불안전상태만 고려했을 때 건축공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(34) 불안전상태만 고려했을 때 건축공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(35) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 건축공사는 기계설비공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(36) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 건축공사는 궤도공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(37) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 건축공사는 전차선공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(38) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 건축공사는 신호공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(39) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 건축공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(40) 지장물 인접여부만 고려했을 때 건축공사는 기계설비공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(41) 지장물 인접여부만 고려했을 때 건축공사는 궤도공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(42) 지장물 인접여부만 고려했을 때 건축공사는 전차선공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(43) 지장물 인접여부만 고려했을 때 건축공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(44) 지장물 인접여부만 고려했을 때 건축공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(45) 작업강도만 고려했을 때 기계설비공사는 궤도공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(46) 작업강도만 고려했을 때 기계설비공사는 전차선공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(47) 작업강도만 고려했을 때 기계설비공사는 신호공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(48) 작업강도만 고려했을 때 기계설비공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(49) 불안전상태만 고려했을 때 기계설비공사는 궤도공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(50) 불안전상태만 고려했을 때 기계설비공사는 전차선공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(51) 불안전상태만 고려했을 때 기계설비공사는 신호공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(52) 불안전상태만 고려했을 때 기계설비공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(53) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 기계설비공사는 궤도공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(54) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 기계설비공사는 전차선공사와 비교하여 () 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(55) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 기계설비공사는 신호공사와 비교하여 () 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(56) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 기계설비공사는 통신공사와 비교하여 () 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(57) 지장물 인접여부만 고려했을 때 기계설비공사는 궤도공사와 비교하여 () 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(58) 지장물 인접여부만 고려했을 때 기계설비공사는 전차선공사와 비교하여 () 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(59) 지장물 인접여부만 고려했을 때 기계설비공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(60) 지장물 인접여부만 고려했을 때 기계설비공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(61) 작업강도만 고려했을 때 궤도공사는 전차선공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(62) 작업강도만 고려했을 때 궤도공사는 신호공사와 비교하여 ()
위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(63) 작업강도만 고려했을 때 궤도공사는 통신공사와 비교하여 ()
위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(64) 불안전상태만 고려했을 때 궤도공사는 전차선공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(65) 불안전상태만 고려했을 때 궤도공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(66) 불안전상태만 고려했을 때 궤도공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(67) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 궤도공사는 전차선공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(68) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 궤도공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(69) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 궤도공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(70) 지장물 인접여부만 고려했을 때 궤도공사는 전차선공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(71) 지장물 인접여부만 고려했을 때 궤도공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(72) 지장물 인접여부만 고려했을 때 궤도공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(73) 작업강도만 고려했을 때 전차선공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(74) 작업강도만 고려했을 때 궤도공사는 통신공사와 비교하여 ()
위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(75) 불안전상태만 고려했을 때 전차선공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(76) 불안전상태만 고려했을 때 궤도공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(77) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 전차선공사는 신호공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(78) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 궤도공사는 통신공사와 비교하여
() 위험하다.

- ① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(79) 지장물 인접여부만 고려했을 때 전차선공사는 신호공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(80) 지장물 인접여부만 고려했을 때 궤도공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(81) 작업강도만 고려했을 때 신호공사는 통신공사와 비교하여 ()
위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(82) 불안전상태만 고려했을 때 신호공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(83) 작업공간(고소작업)만 고려했을 때 신호공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(84) 지장물 인접여부만 고려했을 때 신호공사는 통신공사와 비교하여

() 위험하다.

① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

감사의 글

항상 안전관리 일을 하면서 가슴 속 깊이 간직하고 있던 배움에 대한 갈증이 커져만 가던 중 2013년에 시작된 대학원 생활에 때론 많은 어려움도 있었지만 어느덧 석사 논문의 모든 과정을 마치면서 힘들때 마다 격려해 주시고 도움을 주신 많은 분들께 감사의 인사를 올립니다.

많이 부족한 저에게 항상 자상한 지도와 격려로 이끌어주신 장성록 지도 교수님께 깊은 감사와 존경의 마음을 드립니다. 교수님의 가르침과 열정을 가슴 깊이 간직하고 언제 어디서나 헛되지 않도록 노력하겠습니다. 또한, 졸업 논문을 심사하면서 열과 성의를 다해 지도하여 주신 이의주 교수님, 신성우 교수님께도 감사를 드립니다.

대학원 과정 동안 항상 나의 곁에서 학문적인 깨우침 뿐만 아니라 힘들 땐 형님처럼 조언과 격려를 아끼지 않으시고 끝까지 가르쳐 주신 이종빈 박사님과 논문뿐만 아니라 학교생활 적응에 작은 것 하나까지 도움주신 인간방 식구들에게 진심으로 감사를 드립니다. 또한, 대학원 과정에 잊지 못할 소중한 추억을 간직하게 해줬으며, 석사과정 끝까지 함께 할 수 있었던 동력원이 되주었던 동기생 최윤정누님, 김인혁, 주윤국 에게 깊은 감사를

드립니다.

회사에서 언제나 깊은 배려와 많은 격려를 아끼지 않으시고 도움을 주신 정연준 팀장님을 비롯한 HSE팀 식구인 서학구 반장님, 학교에 꾸준히 다닐수 있도록 학교생활에 많은 도움을 주셨던 채정식 차장님, 바쁜 현장업무에서도 설문지 진행에 도움을 주셨던 김덕렬 차장님, 김세진 과장님, 선휘원 차장님, 전육환 대리 그리고, 멀리에서 격려해 주신 한동훈 과장님께도 감사의 뜻을 전합니다.

지금까지 살아오면서 부모님께 마음의 표현을 제대로 못했습니다. 언제나 제곁에서 저의 인생에 길잡이가 되어 주신 아버지, 어머니 존경하고 곁에 있어 주셔서 감사하고 사랑하며, 늦은 학업과 직장에서의 고생한다고 물심양면으로 지지해주신 장인장모님의 깊은 사랑에 감사드립니다.

결혼 6년 동안 객지에선 회사 다니고, 부산에선 공부한다는 핑계로 함께 하지 못해 고생하는 사랑하는 아내 김현주 에게 남편으로써, 늦게 귀가해서 아빠하고 제대로 놀아보지 못한 아들 민형이 에게 아빠로써 못한 자리가 늘 미안한 마음입니다. 특히, 저의 아내 김현주에게 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다. 여보 사랑합니다.