creative commons

COMMONS DEED

저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

BY: **저작자표시**. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 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

dCollection

工學博士學位論文

재해사례와 AHP를 이용한 건축공사 공종별 위험지수에 관한 연구

2007年 8月

釜 慶 大 學 校 大 學 院

安 全 工 學 科

李 鍾 賓

工學博士學位論文

재해사례와 AHP를 이용한 건축공사 공종별 위험지수에 관한 연구

指導敎授 張 聖 祿

이 論文을 工學博士學位論文으로 提出함

2007年 8月

釜 慶 大 學 校 大 學 院

安 全 工 學 科

李 鍾 賓

李鍾賓의 工學博士 學位論文을 認准함

2007年 6月

主 審 工學博士 李 東 勳 (印)

委 員 工學博士 高 聖 錫 (印)

委 員 工學博士 李 在 龍 (印)

委 員 工學博士 李 義 周 (印)

委 員 工學博士 張 聖 祿 (印)

목 차

1. 서 론 ····· 1

1. 1 연구의 필요성 및 목적 ····· 1

1. 2 연구의 범위와 방법 ····· 4

2. 건축공사 위험성평가에 관한 고찰 ····· 7

2. 1 위험도의 정의와 개념 ····· 7

2. 2 건축공사 위험도에 대한 기존의 연구 ····· 8

2. 3 AHP 이론적 고찰 ····· 10

3. 건축공사 공종분류 및 재해현황분석 ····· 16

3. 1 건축공사의 정의 및 공종분류 ····· 16

3. 2 건축공사 공종 및 세부공종분류 ····· 18

3. 3 건축공사 중대재해 발생 현황 ····· 23

3. 4 건축공사 공종별 중대재해 발생 현황 ····· 24

3. 5 건축공사 세부공종별 중대재해 발생 현황 ····· 27

4. 건축공사의 위험성 평가방법 ····· 33

4. 1 건축공사 공종별 작업량 산출방법 ····· 33

4. 2 건축공사 공종별 작업투입인원 및 작업기간 산출 ····· 36

4. 3 건축공사 공종별 위험지수 산출식 개발 ····· 38

4. 4 건축공사 공종별 위험지수 산출 ····· 39

4. 5 건축공사 공종별 중대재해 발생율과 위험지수 비교 ····· 41

4. 6 건축공사 공종별 위험지수 검증 ····· 43

5. AHP를 이용한 건축공사 세부공종별 위험지수 산출 ····· 51

5. 1 AHP를 이용한 건축공사 세부공종 설문 및 분석 ····· 51

5. 2 건축공사 세부공종의 위험지수 산출방법 ····· 53

5. 2. 1 건축공사 세부공종의 설문에 대한 일관성 분석 ····· 53

5. 2. 2 건축공사 세부공종에 대한 위험지수 분석방법 ····· 72

5. 3 건축공사 세부공종에 대한 위험지수 산출 ····· 74

5. 4 건축공사 공종별 위험지수를 고려한 세부공종 위험지수 ····· 89

6. 결 론 ····· 93

부 록 Ⅰ AHP를 이용한 건축공사 공종별 위험지수 산출을 위한 설문 ····· 96

부 록 Ⅱ SAS version 8.0을 이용한 위험지수 검증 ····· 115

참 고 문 헌 ····· 124

Abstract ····· 131

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

표목차

Table 1 쌍대비교 매트릭스 ····· 13

Table 2 Saaty의 9점 평가스케일 ····· 14

Table 3 행렬의 크기에 따른 확률지수 ····· 15

Table 4 건축공사 공종 및 세부공종의 분류 ····· 17

Table 5 건축공사 세부공종 분류 ····· 22

Table 6 건축공사 중대재해발생 현황 ····· 23

Table 7 건축공사 공종별 중대재해 분석 ····· 25

Table 8 건축공사 세부공종 중대재해 분석 ····· 29

Table 9 건축공사 종류별 공사건수 및 공사금액 분석 ····· 35

Table 10 건축공사 공종별 평균 작업투입인원 및 작업기간 ····· 37

Table 11 작업량을 고려한 공종별 위험지수 ····· 40

Table 12 위험지수 산출식과 선행연구에 의해 산출된 공종별 위험지수 비교 ····· 4

Table 13 건축공사 세부공종의 일관성 비율 분석 ····· 53

Table 14 거푸집공사의 일관성 비율의 결과 ····· 56

Table 15 가설공사의 일관성 비율의 결과 ····· 57

Table 16 철골공사의 일관성 비율의 결과 ····· 58

Table 17 토공사 및 기초공사의 일관성 비율의 결과 ····· 59

Table 18 석/외벽공사의 일관성 비율의 결과 ····· 6

Table 19 콘크리트공사의 일관성 비율의 결과 ····· 61
Table 20 설비공사의 일관성 비율의 결과 ·····62·····
Table 21 미장, 견출, 타일공사의 일관성 비율의 결과 ····· 63
Table 22 도장공사의 일관성 비율의 결과 ·····64·····
Table 23 방수공사의 일관성 비율의 결과 ·····65·····
Table 24 철근공사의 일관성 비율의 결과 ·····66·····
Table 25 조적공사의 일관성 비율의 결과 ·····67·····
Table 26 E/V 공사의 일관성 비율의 결과 ·····68·····
Table 27 전기(통신)공사의 일관성 비율의 결과 ····· 69
Table 28 유리 및 창호공사의 일관성 비율의 결과 ····· 70
Table 29 응답자의 일관성 비율 결과 ·····71
Table 30 건축공사 공종 및 세부공종별 위험지수 ····· 91

그림목차

Fig. 1 연구의 흐름도 ····· 6

Fig. 2 AHP 수행절차 ····· 12

Fig. 3 의사결정문제의 계층구조화 모델 ····· 13

Fig. 4 건축공사의 공종분류 ····· 20

Fig. 5 건축공사 공종별 위험지수와 중대재해발생 비율 ····· 41

Fig. 6 Group 1의 Chi-Square 분석결과 ····· 47

Fig. 7 Group 2의 Chi-Square 분석결과 ····· 48

Fig. 8 Group 3의 Chi-Square 분석결과 ····· 49

Fig. 9 Expert choice program을 이용한 세부공종 쌍대비교 ····· 72

Fig. 10 Expert choice program을 이용한 세부공종별 위험지수 산출 ····· 73

Fig. 11 거푸집공사의 세부공종별 위험지수 ····· 74

Fig. 12 가설공사의 세부공종별 위험지수 ····· 75

Fig. 13 철골공사의 세부공종별 위험지수 ····· 76

Fig. 14 토공사 및 기초공사의 세부공종별 위험지수 ····· 77

Fig. 15 석/외벽공사의 세부공종별 위험지수 ····· 78

Fig. 16 콘크리트공사의 세부공종별 위험지수 ····· 79

Fig. 17 설비공사의 세부공종별 위험지수 ····· 80

Fig. 18 미장, 견출, 타일공사의 세부공종별 위험지수 ····· 81

Fig. 19 도장공사의 세부공종별 위험지수 ····· 82

Fig. 20 방수공사의 세부공종별 위험지수 ····· 83
Fig. 21 철근공사의 세부공종별 위험지수 ····· 84
Fig. 22 조적공사의 세부공종별 위험지수 ····· 85
Fig. 23 E/V 공사의 세부공종별 위험지수 ····· 86
Fig. 24 전기(통신)공사의 세부공종별 위험지수 ····· 87
Fig. 25 유리 및 창호공사의 세부공종별 위험지수 ····· 88

Table List

Table 1 The pairwise matrix ····· 13

Table 2 Saaty's scale of measurement in pairwise comparison ····· 14

Table 3 Average random consistency(RI) ····· 15

Table 4 Classification of construction work type and subdivided work type ·· 17

Table 5 Classification of subdivided work type ····· 22

Table 6 Fatal accidents of architectural construction work ····· 23

Table 7 Fatal accidents of work type in architectural construction work ····· 25

Table 8 Analysis of fatal accidents by subdivided work type ····· 29

Table 9 Analysis of construction case and money according to a type of architectural construction work ····· 35

Table 10 Average input workers and work period of architectural construction work ····· 37

Table 11 Risk index of work types according to the fatal accident cases and input workers ····· 40

Table 12 Risk Index comparison of previous study with recently study ····· 44

Table 13 Consistency Ratio analysis of subdivided work type ····· 53

Table 14 Consistency Ratio result of survey for Form work ····· 56

Table 15 Consistency Ratio result of survey for Temporary work ····· 57

Table 16 Consistency Ratio result of survey for Steel structure work ····· 58

Table 17 Consistency Ratio result of survey for Excavation & Foundation work ····· 59

Table 18 Consistency Ratio result of survey for Exterior wall work ····· 60

Table 19 Consistency Ratio result of survey for Concrete work ····· 61

Table 20 Consistency Ratio result of survey for Equipment work ····· 62

Table 21 Consistency Ratio result of survey for Plastering & Tile work ····· 63

Table 22 Consistency Ratio result of survey for Paint work ····· 64

Table 23 Consistency Ratio result of survey for Waterproof work ····· 65

Table 24 Consistency Ratio result of survey for Rebar work ····· 66

Table 25 Consistency Ratio result of survey for Brick work ····· 67

Table 26 Consistency Ratio result of survey for Elevator work ····· 68

Table 27 Consistency Ratio result of survey for Electric work ····· 69

Table 28 Consistency Ratio result of survey for Window & Door work ····· 70

Table 29 Result of total respondent to Consistency Ratio ····· 71

Table 30 Final risk index of architectural construction work ····· 91

Figure List

Fig. 1 Flow chart ····· 6

Fig. 2 AHP flow chart ····· 12

Fig. 3 Hierarchy structure model with regard to the make- decision ····· 13

Fig. 4 Work type classification of architectural construction work ····· 20

Fig. 5 Comparing to the risk index and fatal accident rate with regard to the work type of architectural construction work ····· 41

Fig. 6 Chi-Square result for Group 1. ····· 74

Fig. 7 Chi-Square result for Group 2. ····· 74

Fig. 8 Chi-Square result for Group 3. ····· 74

Fig. 9 Pairwise comparison of subdivided work type using Expert choice program ····· 72

Fig. 10 Risk index of subdivided work type using Expert choice program ··· 73

Fig. 11 Risk index of subdivided work in Form work ····· 74

Fig. 12 Risk index of subdivided work in Temporary work ····· 75

Fig. 13 Risk index of subdivided work in Steel structure work ····· 76

Fig. 14 Risk index of subdivided work in Excavation & Foundation work · 77

Fig. 15 Risk index of subdivided work in Exterior wall work ····· 78

Fig. 16 Risk index of subdivided work in Concrete work ····· 79

Fig. 17 Risk index of subdivided work in Equipment work ····· 80

Fig. 18 Risk index of subdivided work in Plastering & Tile work ····· 81

Fig. 19 Risk index of subdivided work in Paint work ····· 82

Fig. 20 Risk index of subdivided work in Waterproof work ····· 83

Fig. 21 Risk index of subdivided work in Rebar work ····· 84

Fig. 22 Risk index of subdivided work in Brick work ····· 85

Fig. 23 Risk index of subdivided work in Elevator work ····· 86

Fig. 24 Risk index of subdivided work in Electric work ····· 87

Fig. 25 Risk index of subdivided work in Window & Door work ····· 88

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

용어설명

AHP(Analytic Hierarchy Process) 계층분석법

CI(Consistency Index) 일관성지수

Construction Expert 건설관련전문가

Construction Work 건축공사

CR(Consistency Ratio) 일관성비율

Fatal Accident 중대재해

Input Worker of Work Type 공종별 작업투입인원

KOSHA(Korea Occupational Safety & Health Agency) 한국산업안전공단

Pairwise Comparison 쌍대비교

Period of Doing Work 작업기간

Questionnaire Survey 설문조사

Risk Analysis and Evaluation 위험성 분석 및 평가

Risk Assessment 위험성평가

Risk Identification 위험성도출

RI(Random Index) 확률지수

Risk Event 위험사건

Risk Index 위험지수

Subdivided Work 세부공종

Uncertainty 위험사건의 불확실성

Work Strength 작업강도

Work Type 공종

1. 서 론

1. 1 연구의 필요성 및 목적

건설업은 크게 건축공사와 토목공사 그리고 기타공사로 나눌 수 있으며, 2005년 산업안전공단[1] 조사에 의하면 건축공사에서 발생한 중대재해는 전체 건설재해의 67.6%로써 토목공사와 기타공사에 비해 그 위험성이 매우 높게 나타났다. 또한 이러한 산업재해로 인해 발생된 경제적 손실은 12조 4천억원으로 노사분규로 인한 생산적 차질액 2조 4,972억원의 약 5배를 차지하고 있다.

2004년 노동부 산업재해 통계현황[2~3]에 따르면 전 산업에서 발생된 재해자 88,874명 가운데 건설업에서 발생된 재해자수는 18,896명으로 전체 약 22%를 차지하고 있다. 당해 전 산업에서 발생된 사망자 수는 2,825명으로 건설업에서 발생된 사망자 수는 779명(27.6%)으로 나타나, 업종별로는 가장 높은 수치를 나타내었다.

그러나 이러한 인적·물리적으로 막대한 손실과 위험성에도 불구하고 대부분의 건설현장은 사업주, 근로자 모두 안전보건활동을 소홀히 하고, 열악한 현장 여건 등의 원인으로 건설재해가 점차적으로 증가하고 있는 추세이다. 이러한 건설재해는 3D기피 현장을 더욱 가속화시켜 숙련근로자의 부족으로 원가상승이 초래되고 대내·외의 경쟁력 약화를 가속화하여 경영상의 문제로 안전시설투자의 기피현상이 연출되어 일용건설 근로자의 안전성 확보에 많은 어려움이 있다. 즉, 건설재해는 인간존중의 인도주의적인 차원에서뿐만 아니라, 경제적인 측면에서 직·간접적

으로 매우 손실이 커서 건설생산활동에 큰 타격을 주고 있기 때문에 건설재해예방은 국가적 당면과제로서 절실히 요구되고 있다. 그러나 건설재해예방을 위한 국가적 차원의 노력에도 불구하고 건설재해는 여전히 감소추세를 보이지 않고 있다.

건축공사에서 사고의 위험을 예방하기 위한 방법은 과거 발생되었던 사고 자료를 바탕으로 이루어진다. 재해사례는 유사재해예방을 위한 측면에서 대책수립을 위한 가장 신뢰할 수 있는 정보라 할 수 있다. 그러나 건축공사는 그 규모와 분야가 점차 증대되어 가고, 구조물의 고층화·대형화 추세를 보이고 있으며 한 번에 많은 인원을 요구하고 시설과 장비도 복잡·다양해져 가고 있고[4~6] 같은 상품을 반복적으로 생산하는 제조업과는 달리 일품생산이라는 특수성을 가지므로, 유사한 공사로부터 경험한 문제점과 그에 대한 대책을 피드백 하는데 한계가 따른다.

건축공사는 작업현장이 대부분 옥외에서 이루어지고 있을 뿐만 아니라 작업환경, 작업성격과 공사계약, 고용, 공법기술, 하도급체계 및 공종에서의 다양한 위험요소가 상호 연관된 복합적인 상태에서 재해가 발생하여 다른 산업과 상이한 특성을 많이 가지고 있다. 특히, 각 공사마다 주어진 여건이 다르고 동일한 설계도면으로 건설되는 시설물이라 할지라도 그 건물의 위치, 지반조건, 공사일정, 노무조건 등 시공조건이 완전히 동일하다고는 할 수 없다[7].

건축공사에서 중대재해를 예방하기 위한 많은 연구들은 재해율이 높은 공종의 재해사례를 대상으로 위험성 평가를 실시하거나[8], 재해로 인해 지급된 산재보험금 및 산재요양 일수의 환산지수를 합하는 방법으로 위험성 평가 또는 위험도를 제시하였다[9~11]. 즉, 과거에 발생된 중대재해사례를 대상으로 시설물별, 작업공정별, 공종별 그리고 직종별 등의 분류를 통해 각각의 위험도를 제시하거나, 재해자의

휴업예정(요양)일수, 직종, 공종 등이 기록되어 있는 요양신청서 등의 안전사고 자료를 바탕으로 위험 정도를 판단하였다. 이는 정량적으로 나타난 수치들을 대상으로 분석하여 위험도를 제시한 것으로 객관적인 위험성 평가라 할 수 있으나, 보다 신뢰성 있는 건축공사 위험성 평가를 위해서는 수치적으로 파악되지 않는 위험에 대한 정성적인 부분들에 대한 정량적 평가도 병행되어야 한다. 건축공사에서 중대재해가 발생되면 현재 위험성을 판단하는 기준은 대부분 재해건수와 재해의 크기 정도에만 의존할 수밖에 없는 실정이다. 건축공사의 공종의 경우 적게는 수십 개에서 많게는 수백 개까지도 분류할 수 있을 만큼 다양하며, 이러한 공종들에 대한 위험의 정도를 단지 재해의 크기 및 재해의 건수와 같이 결과위주의 평가를 실시하여 이를 통해 재해예방대책을 세운다면 일시적인 대책에 그칠 수밖에 없을 것으로 판단된다. 즉, 건축공사의 공종별 위험의 정도를 판단하기 위해서는 재해의 건수 및 재해의 정도 이외에도 각 공종별 작업강도에 대한 부분과 잠재되어 있는 정성적인 위험요소들에 대한 분석 및 평가가 수반되어야 할 것으로 사료된다.

이와 같은 관점에서 본 연구는 보다 신뢰성 있는 건축공사 공종별 위험도를 제시하기 위해 작업의 위험성을 예지하고, 안전대책을 수립하는 데 직접적인 정보를 제공해 주는 과거 재해사례에 관한 정보[12)]를 바탕으로 건축공사에 실제 현장에 투입된 작업인원과 공종별 작업시간을 고려하여 위험성 평가를 실시하였다.

또한 실제 건설현장 내에서 존재하는 정성적 위험요인을 파악하기 위해 관련 전문가의 설문 및 면담을 실시하여 건축공사의 공종별 위험도에 관한 주관적인 판단에 대한 답변들을 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법을 도입하여 정량화하고 각 공종별로 위험의 정도를 지수로 나타내었다.

1. 2 연구의 범위와 방법

본 연구에서는 KOSHA(Korea Occupational Safety & Health Agency : 한국산업안전공단)의 중대재해사례집을 분석한 결과로부터 건축공사 중 철근콘크리트공사로 이루어진 공사만을 대상으로 다음과 같이 연구를 진행하였다.

1) 건축공사의 적용범위 파악 및 공종 분류

본 연구에서 제시하고자 하는 건축공사에 대한 범위를 파악하고, 건축공사 표준시방서와 KOSHA에서 분류한 공종을 대상으로 위험성 평가에 적합한 공종을 분류하며, 그에 따른 세부공종도 분류한다.

2) 건축공사 공종 및 세부공종별 위험발생확률 분류

건축공사의 위험도 평가에 관한 기존 연구를 고찰한다. 이와 같은 고찰에는 제조업이나 기타 산업안전에 적용되었거나 적용하려고 하는 이론으로 국내외 관련 문헌을 대상으로 진행한다. 그리고 앞서 분류된 건축공사 공종 및 세부공종별 위험발생확률을 분류한다.

3) 건축공사 공종 및 세부공종별 위험지수 산출

건축공사의 공종별 위험지수를 산출하기 위해 공종별로 발생된 중대재해, 공종별 작업투입인원 및 작업기간을 분석하였다. 이를 통해 건축공사 공종별 위험지수 산출 모델을 개발하고자 한다. 건축공사의 공종별 위험지수 산출 모델을 통해 구한 위험지수와 선행연구에서 AHP를 이용하여 산출된 공종별 위험지수를 검증하

여 개발된 위험지수 산출 모델의 적합성을 분석하고자 한다. 그리고 건축공사의 세부공종에 대한 위험지수를 산출하기 위해 건설현장의 소장, 안전관리자 및 건설 관련 전문가를 대상으로 설문하여 그 결과를 AHP를 통해 분석하고자 한다.

마지막으로 AHP를 통해 나타난 세부공종별 위험지수를 공종별 위험지수에 적용하여 최종적인 건축공사 공종별 위험지수를 제시하고자 한다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

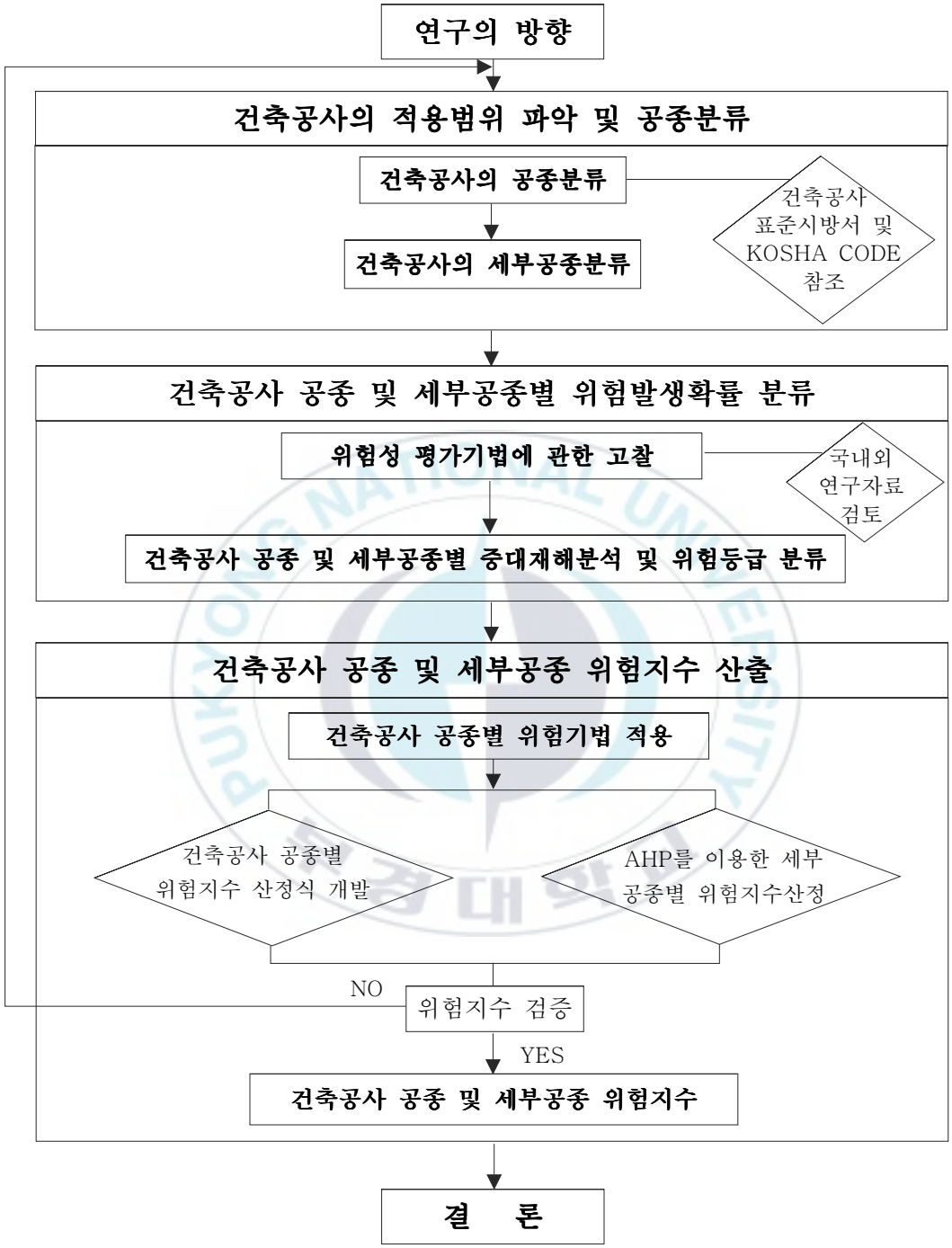

Fig. 1 Flow chart

2. 건축공사 위험성평가에 관한 고찰

2. 1 위험성의 정의와 개념

위험도에 대한 의미는 다양한 방법과 형태로 정의되어지고 있다. Webster 사전[13]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 조합[14]”으로 표현된다. Al-Bahr[14]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 위험도출과 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-Bahr[15]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 건축공사 위험도에 대한 기존의 연구

Stephen, Roozbeh, Kartam, Shen, Mulholland, Akintoye 등[16~21]은 건설프로젝트 수행 중 발생되는 위험요소를 평가할 수 있는 모델을 제시하였다. 이러한 연구들은 대부분의 경우 건설 프로젝트를 수행하는데 발생되는 비용적인 측면과 공기지연에 관한 부분만을 단편적으로 분석하거나 통계적 수치를 바탕으로 한 확률분석에 불과하였다. 이에 대해 Hastak[22]는 국제 건설프로젝트 수행을 하는데 있어서 각 나라의 국가적 환경, 시장규모, 프로젝트 수행 레벨 등

의 분석을 통해 국제 건설 위험성 평가 모델(ICRAM-1 : International Construction Risk Assessment Model)을 제시하기 위해 AHP기법을 이용하였다. Roozbeh[23]는 대부분의 건설공사 위험성 평가가 수치적인 데이터를 기본으로 한 연구가 아닌 정성적인 위험성평가가 이루어지고 있기 때문에 건설공사의 불확실한 요소들을 정량적으로 규명하기 위해 퍼지이론(Fuzzy set theory)을 이용하여 언어적 분석방법을 제시하였다.

현재까지의 건설업 위험도 분석에 관한 연구들은 주로 확률론적 분석방법을 기초로 그 필요성과 유용성에 대해 주장하였지만, 그 적용에 있어서는 많은 한계점을 가지고 있었다. 특히 국내의 경우에는 이에 대한 연구는 아직까지 개념의 소개와 정성적 평가에 그치고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서 목표로 하고 있는 건축공사의 위험도를 평가하기 위해서는 건설공사의 재해특성이 유사 및 동종공종에서 반복적으로 발생되는 원시재해의 형태를 나타내고 있으므로 보다 효율적인 안전관리를 위한 위험도 평가를 수행하기 위해서는 과거 중대재해사례를 통한 확률론적 분석과 더불어 AHP를 이용한 주관적 요소를 적용하여 위험성에 대한 정량화 산출방법을 제시하는 것이 보다 타당성 있을 것으로 판단된다.

2. 3 AHP 이론적 고찰

1980년대 Saaty[24)]에 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 최적 의사결정을 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[25,26)]. Saaty[27)]가 1980년대에 AHP를 개발한 이후로 많은 연구가 행하여졌다. AHP 접근방법의 이론과 적용에 관한 주요저서[28~30)]가 있으며 OR과 경영과학 분야에서도 AHP에 대한 연구논문[30~33)]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.

Shen[34)]은 AHP를 이용해서 공공건물 유지관리의 우선순위를 선정하였고, Chua[35)]는 건설 프로젝트 성공 요인들에는 어떠한 것들이 있는지에 관한 분석을 위해 AHP를 이용하였다. 그밖에 최근에 까지 건축현장 조직의 프로젝트

수행능력 평가 모델[36]을 제시하거나 새로운 거푸집 시스템의 적합성 측정에 있어서의 중요도를 분석[37]하는데 AHP를 이용하였으며, 건설업이외에 정치, 경제, 사회, 과학 등[38] 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 Saaty[39]는 직접 비교되는 집합내의 요소의 수를 최대 9개로 제한하였고, 요소들을 이원비교하기 위한 척도도 1부터 9까지의 수를 선택하였는데 최대값 9의 수는 (7±2)에서 비롯된 것이다.

이 기법은 목표값들 사이의 중요도를 계층적으로 나누어 파악함으로서 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 관

점에서 하위계층에 있는 요소들의 쌍대비교를 통해 상대적 중요도 또는 가중치를 구함으로서 최하위 계층에 있는 대안의 우선순위를 구하는 것이다[40]. 특히, AHP는 정량적인 요소뿐만 아니라 정성적인 요소까지 고려할 수 있고, 평가의 일관성을 추론할 수 있는 것이 장점이다[41]. AHP의 수행절차는 Fig. 2와 같으며 다음과 같은 4단계 과정을 거쳐 수행된다.

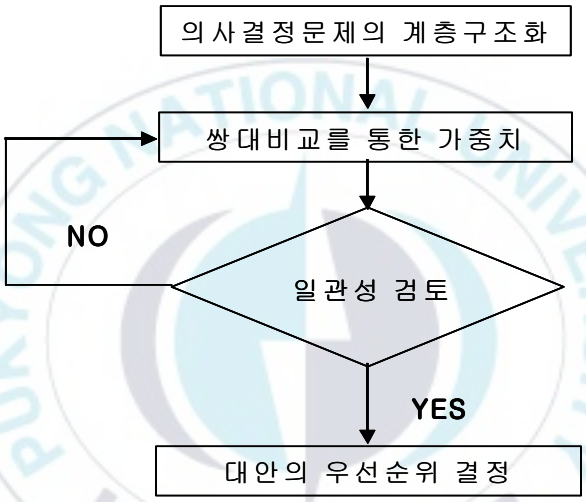

Fig. 2 AHP flow chart

첫째, 평가기준과 각 대안을 설정하여 의사결정문제를 Fig. 3과 같이 계층구조화 한다. 이는 주어진 문제를 상호 관련된 의사결정속성별로 계층화하여 문제를 분해하는 과정으로 문제의 복잡성을 분석적으로 체계화하여 문제해결에 유연성을 주게 된다.

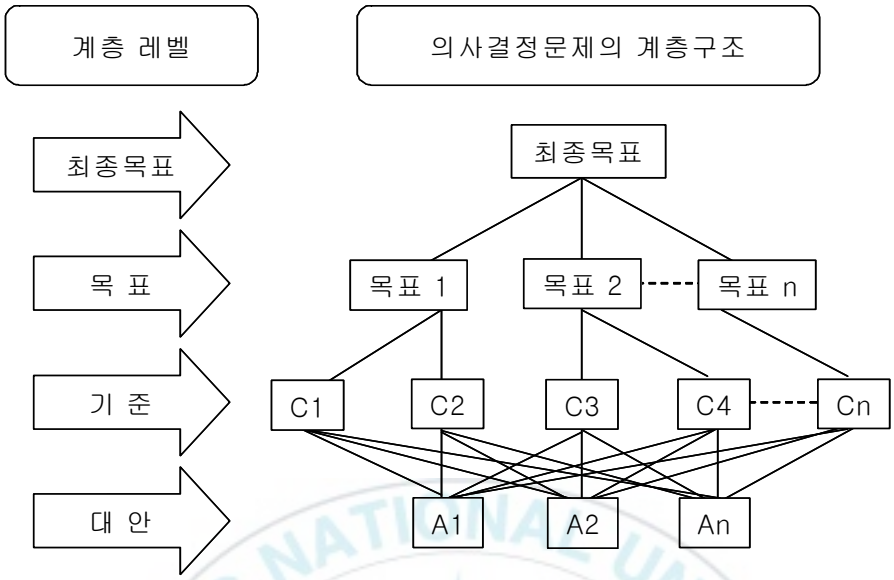

Fig. 3 Hierarchy structure model for decision making

둘째, 계층구조가 설정되면 의사결정자는 동일계층 요소들의 쌍대비교를 실시한 후 Table 1과 같은 쌍대비교 매트릭스를 구한다. 상대적 중요도의 평가를 위해서는 Table 2[42~44]와 같은 평가척도가 이용된다.

Table 1 The pairwise matrix

	a_1	a_2	a_3	⋯	a_n
a_1	1	a_1/a_2	a_1/a_3	⋯	a_1/a_n
a_2	a_2/a_1	1	a_2/a_3	⋯	a_2/a_n
a_3	a_3/a_1	a_3/a_2	1	⋯	a_3/a_n
	⋮	⋮	⋮		
a_n	a_n/a_1	a_n/a_2	a_n/a_3	⋯	1

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

Table 2 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	약간 중요 (slight importance)	한 요소가 다른 요소에 비해 약간 중요
5	중요 (strong importance)	한 요소가 다른 요소에 비해 훨씬 중요
7	매우 중요 (demonstrated importnace)	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

셋째, 의사결정자의 논리적 일관성을 검증하기 위해 쌍대비교의 신뢰도를 평가한다. AHP기법에서 Saaty는 신뢰도에 대한 지수를 제시하였는데 이것을 일관성비율(Consistency Ratio : CR)[45]이라고 하며 계산은 식 (1)과 같다.

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

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

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

Table 3 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. 건축공사 공종분류 및 재해현황분석

3. 1 건축공사의 정의 및 공종분류

건축공사에 의해 지어진 건물은 주로 철근콘크리트구조 또는 철골구조 등에 의한 중층이상의 대형 건축구조물을 가리키며, 이밖에 대규모의 은행, 호텔, 학교, 병원, 주거용 건축물을 뜻하기도 한다.

일반적인 건축공사는 철근콘크리트 공사와 철골구조의 공사로 대부분 구성되어 있으나, 본 연구에서는 철골구조 위주의 공사를 제외한 철근콘크리트 구조의 공사만을 연구대상으로 하였다.

건축공사에서의 각 공종(工種)은 건설교통부 제정 '건축공사 표준시방서'의 공종분류표[46] 및 KOSHA Code[47]에 의거하여 기본적으로 분류하였으며, 분류된 건축공사의 각 공종은 세부적인 작업내용에 따라 분류하였다.

Table 4는 KOSHA Code와 건축공사 표준시방서에 제시된 공종을 비교한 것으로, KOSHA Code에서 제시한 각 공종의 대분류는 15개로 분류되어있고 중분류는 75개로 분류되어져 있으나, 건축공사표준시방서의 경우는 대분류의 경우 22개, 중분류는 총 74개로 분류되어져 있다. KOSHA Code와 건축공사 표준시방서에 제시된 대분류는 대부분 중복되는 항목들로 이루어져 있으나, KOSHA

Table 4 Classification of work type and subdivided work type

KOSHA		건축공사 표준시방서	
공종	세부공종	공종	세부공종
(공통)가설공사	대지경계측량, 가설울타리, 현장사무실 설치,가설설비, 환경보호, 외부비계, 가설통로, 계단,장비 설치, 해체, 세륜, 살수시설,유지관리,청소정돈	가설공사	대지측량, 가설울타리, 비계 및 발판, 가설공사시설, 공사용장비, 가설설비 공사, 안전과 보양, 가설물의 철거
토공사 및 기초공사	사전조사,장비관리,흙막이 공사,터파기 및 배수처리,계측기 설치, 관리,지정 및 기초공사,흙막이 시설해체,청소정돈	토공사	토공사, 흙막이, 철거
철골공사	철골부재설치, 용접, 볼팅,데크 플레이트 설치,청소, 정돈	철골공사	철골부재제작, 철골부재공작, 용접, 볼트, 철골부재운반, 철골부재 현장시공, 내화피복
철근공사	철근반입, 철근가공, 철근조립/배근	철근콘크리트 공사	콘크리트 운반, 철근의 가공 및 조립, 거푸집, 부어넣기,다짐, 양생, 표면 마무리
콘크리트공사	레미콘 운송, 콘크리트 타설, 장비이동, 해체,청소/정돈		
방수공사	자재반입/적재, 바탕면처리, 몰탈방수, 도막방수, SHEET방수, 에폭시방수, 청소/정돈	방수공사	멤브레인 방수공사, 침투성 방수공사, 금속판 방수공사, 실링공사, 기타방수공사, 방습층공사
조적공사	자재반입/적재, 먹메김, 쌓기, 보강철물정착, 보양, 청소/정돈	벽돌공사	벽돌의 운반/저장, 벽돌쌓기, 줄눈, 보양 및 청소
		블록공사	단순블록공사, 철근콘크리트 보강공사, 거푸집블록공사
미장, 견출, 타일공사	재료반입/적재, 장비관리, 먹메김, 바탕처리, 배합, 비빔, 바름/타일 붙이기, 양생/보양	미장공사	재료운반, 배합 및 비빔, 재료의 바름
		타일공사	타일공사, 테라코타공사
석/외벽공사	자재반입/적재, 운반, 먹메김/실치기, 연결철물 설치, 돌붙이기/트러스 및 패널설치, 줄눈처리/코킹, 청소/정돈	돌공사	석재, 모르타르 운반 및 가공, 돌쌓기, 돌붙이기, 견식 돌붙임, 석축쌓기
유리 및 창호공사	창호반입,장비관리,운반,창호설치,창호코킹,유리반입,프레임 겸사,유리설치,코킹/보양,청소/정돈	유리공사	유리운반 및 보관, 유리설치
		창호공사	목재창호, 강재창호, 알루미늄창호,합성수지창호, 강재셔터, 특수창호
수장(내장)공사 및 금속, 잡철물공사	자재반입/적재, 장비관리, 먹메김, 바탕처리/철물류 설치, 설치, 보양, 청소/정돈	수장공사	재료의 운반및보관, 수장작업, 도배공사, 창휘장, 휘장
		금속공사	금속제품, 제작, 운반, 임시적재, 금속제품 설치, 금속표면도장
도장공사	자재반입/적재, 장비관리, 바탕처리, 배합/칠하기, 보양, 청소/정돈	칠공사	재료운반 및 보관, 바탕만들기, 칠
설비공사	자재반입/적재, 장비설치/관리, 용접배관, 나사배관시험/보온작업,기구설치,시험 및 청소정돈	커튼월공사	금속 커튼월 제작 및 시공, 프리캐스트 콘크리트 커튼월,복합 커튼월 제작 및 시공
		플라스틱 공사	플라스틱재 설치, 플라스틱 자재 운반 및 보관
전기(통신)공사	가설전기인입, 자재반입/적재, 장비관리, 운반,먹놓기, box설치, 전기배관, 배선설치, 본선인입 및 기구/ 기기설치	조경공사	
		단열공사	단열재료 운반 및 보관,단열시공, 방습재 설치
거푸집공사	거푸집(동바리)재료, 자재(재료)반입/적재, 자재운반, 거푸집 제작, 조립(설치), 콘크리트 타설(양생), 거푸집(동바리)해체, 청소/정돈(자재정리)	해체공사	목조구조물 해체 및 철거, 철근 콘크리트 구조물 해체, 해체재 처분
		목공사	목재운반, 가공 및 설치, 목재가공처리, 방연처리
		기타공사	
15 공종	**75분류**	**22 공종**	**74분류**

Code에 비해 건축공사 표준시방서에서 비교적 분류 항목을 세분화하였다. 예를 들어, KOSHA Code에서의 조적공사는 건축공사 표준시방서에서 벽돌공사와 블록공사로 분리하여 분류하였으며, KOSHA Code에 비해 건축공사 표준시방서에서 6개 공종을 추가하여 더 세분화 되어있다.

이와 같은 공종분류는 건설공사를 진행하기 위한 목적으로 나누어졌기 때문에 건설재해 발생 및 분석측면에서 나타날 수 있는 공종은 분류되어 있지 못하다. 그러므로 본 연구에서는 건설공사 중 건축공사에 해당하는 공종의 대분류와 중분류를 더욱 더 세분화하기 위해 KOSHA Code와 건축공사 표준시방서에서 제시한 항목들을 바탕으로 기본공종을 분류하였으며, 이에 재해사례를 분석하여 나타낸 공종을 포함하여 건축공사의 각 공종에 해당되는 대분류 및 중분류의 항목들을 제시하였다.

3. 2 건축공사 공종 및 세부공종분류

건축공사에서의 각 공종은 건설교통부 제정 '건축공사 표준시방서'의 공종분류표 및 KOSHA Code에 의거하여 기본적으로 분류하였다. KOSHA Code와 건축공사 표준시방서에 제시된 공종을 비교 및 분석한 결과, KOSHA Code에서 제시한 각 공종은 16개로 분류되어있고 세부공종은 75개로 분류되어 있는 반면, 건축공사표준시방 서의 경우에는 22개의 공종으로 분류되어 있으며 세부공종은 총 74개로 분류되어 있다. KOSHA Code와 건축공사 표준시방서에 제시된 대분류는 대

부분 중복되는 항목들로 이루어져 있으나, KOSHA Code에 비해 건축공사 표준시방서에서 비교적 분류 항목을 세분화하였다.

이와 같은 공종분류는 건설공사를 진행하기 위한 목적으로 나누어져 있기 때문에 건설재해 발생 및 분석측면에서 나타날 수 있는 공종은 분류되어 있지 못하다. 그러므로 건설공사 중 건축공사에 해당하는 공종의 대분류를 더욱 더 세분화하기 위해 KOSHA Code와 건축공사 표준시방서에서 제시한 항목들을 바탕으로 기본공종을 Fig. 4와 같이 분류하였다. 이와 같은 대공종 분류는 KOSHA의 공종을 모두 포함하고 있으며, 이외에 건설생산 공정으로는 단열공사, 커튼월공사, E/V공사 등이 있으며, 직접적인 건설작업외의 공정으로는 해체공사, 기타작업 및 작업 외 이동 등의 공종이 포함되었다. 추가적으로 분류된 6개 공종이 전체 재해 중에서 차지하는 비율은 10.6%로 양중작업, 기타작업, 작업 외 이동, 해체공사 등의 순으로 발생빈도가 나타나고 있다. 즉, 실제 건설생산에서 보이지 않는 작업의 재해비중이 10.1%로 높은 비중을 나타내어 공종의 대분류로 분석하였다.

본 연구에서는 KOSHA Code와 건축공사표준시방서를 비교 및 분석하여 22개의 공종에 포함된 세부항목을 Table 5와 같이 분류하였다. 가설공사는 건축공사 기간 중 임시로 설비하여 본 공사를 완성할 목적으로 설치했다가 본 공사가 완공되면 해체·철거·정리되는 제설비[48]로서, 본 연구에서는 한국산업안전공단의 건설업중대재해사례를 대상으로 지난 14년(1992~2005) 동안 중대재해가 발생된 사례만을 대상으로 세부공종을 분석하였다. 가설공사의 세부공종으로는 가설울타리 설치, 현장사무실설치, 가설 시설물 설치작업, 비계설치작업,

가설통로/계단, 장비설치 그리고 청소정돈 및 유지관리공사로써 총 7개로 분류하였다.

토공사는 대지 조성을 위한 터깎기, 돋우기, 다지기, 터고르기, 파기, 되메우기, 흙버리기, 옹벽, 석축 배수로 등을 포함하는 것으로 기후의 영향과 흙의 성질 및 지반 특성을 파악하기가 가장 어려우며, 이에 따라 지반 침하·토사 붕괴로 인한 사고와 인접 건물 및 공공 시설물에도 피해를 주는 등 면밀하고 과학적인 대처 방법이 요구되는 공사이다[48]. 토공사의 세부공종은 장비관리 및 자재운반, 터파기 및 배수처리, 지정 및 기초공사, 흙막이 공사, 흙막이 시설해체, 흙막이 가시설, 청소 및 정도 그리고 이동으로써 총 9개로 분류하였다.

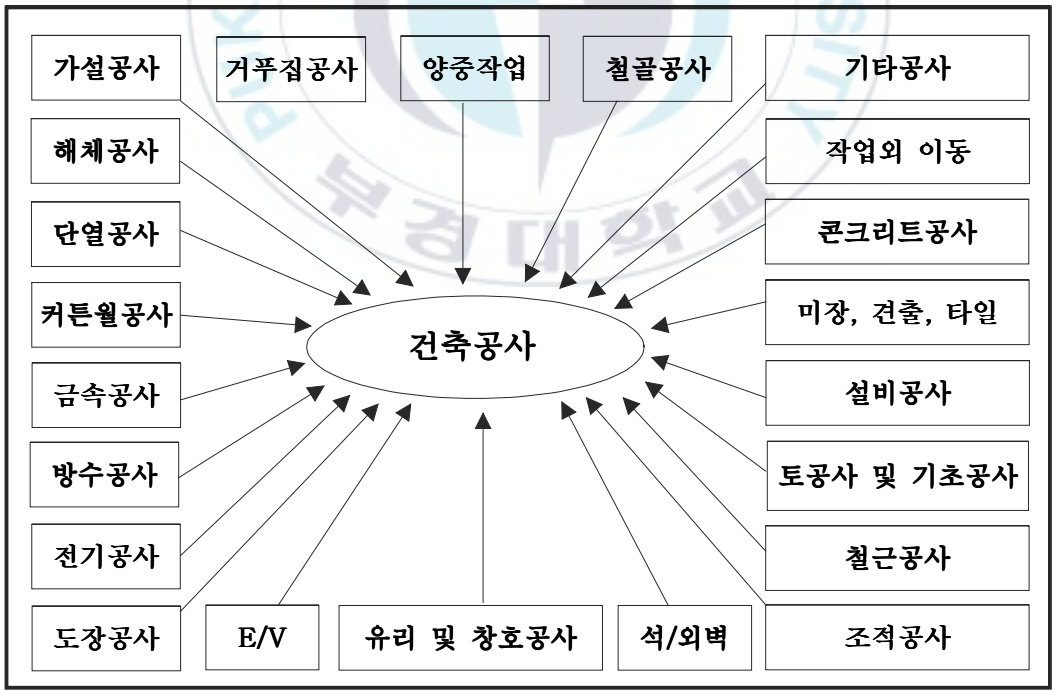

Fig. 4 Work type classification of architectural construction work

철골공사에서 철골은 다른 재료에 비해 가볍지만 강성이 커서 장(長) 경간(span)의 구조물이 가능하고 초고층 건축에 많이 사용되며 순철골 구조와 철골·철근 콘크리트 구조로 대별할 수 있다. 작업은 공장작업과 현장작업으로 구분되며, 가능한 한 현장작업을 최대로 줄이고 공장에서 거의 완성품에 가까운 제품을 제작하여 현장에서 조립하는 것이 유리하다[49]. 철골공사에 포함된 세부공종으로는 철골부재공작/용접/볼트공사, 철골부재운반, 철골부재현장시공, 철골해체, 이동 그리고 내화피복으로써 총 6개로 분류하였다.

거푸집은 콘크리트를 부어넣어 콘크리트 구조체를 형성하는 거푸집널과 이것을 정확한 위치로 유지하는 지지틀의 총칭으로 콘크리트를 일정한 형상과 치수로 유지시켜 주며, 그 경화에 필요한 수분의 누출을 방지하고 외기의 영향을 막아 적절한 양생이 되도록 하기 위한 가설구조물이다[49]. 거푸집 공사의 양부는 콘크리트의 시공과정과 결과에 매우 중요한 영향을 미치며 마무리 공사에도 많은 영향을 주므로 거푸집을 단순히 가설물이란 개념으로 취급해서는 안되며, 구조체 공사의 주요자재로 인식하여 콘크리트 구조체의 형상 및 표면 마무리 등의 여러 조건이 충족되도록 조립, 해체, 운반이 쉽고 품질 및 안전과 경제성 등에 주안점을 두어야한다[50]. 거푸집공사에 포함된 세부공종은 각재운반 및 가공, 거푸집인양, 거푸집설치, 거푸집해체, 청소 및 정돈 그리고 이동으로써 총 6개로 분류하였다.

콘크리트 공사는 철근콘크리트 구조물을 형성하는 가장 중요한 재료인 콘크리트를 생산하여 현장까지 운반하고, 이를 관리하는 모든 과정을 포함하고 있다[51]. 콘크리트 공사의 세부공종으로는 콘크리트타설, 장비이동 및 해체, 면

정리 작업, 보양, 청소 및 정돈 그리고 이동으로써 총 6개로 분류할 수 있다.

방수공사는 자재반입 및 적재, 바탕면 처리, 방수작업, 이동, 청소 및 정돈 그리고 방수액 도포작업으로써 6개로 나누었으며, 그 밖의 공종에 포함된 세부공종은 Table 5와 같이 분류하였다.

Table 5 Classification of subdivided work type

분 류 / 공 종	세부공종
가설공사	가설울타리, 현장사무실설치, 가설시설설치작업, 비계설치작업, 가설통로/계단, 장비설치, 청소정돈/유지관리
토공사 및 기초공사	장비관리, 자재 운반, 터파기 및 배수처리, 지정 및 기초공사 흙막이공사, 흙막이시설해체, 흙막이가시설, 청소·정돈, 이동
철골공사	철골부재공작/용접/볼트, 철골부재운반, 철골부재현장시공 철골해체, 이동, 내화피복
거푸집공사	각재운반가공, 거푸집인양, 설치, 해체, 청소·정돈, 이동
철근공사	철근반입/운반, 보강작업, 가공, 조립/배근
콘크리트공사	콘크리트타설, 장비이동/해체, 면정리 작업, 보양, 청소·정돈, 이동
방수공사	자재반입/적재, 바탕면 처리, 방수작업, 이동, 청소·정돈 방수액도포작업
조적공사	운반, 쌓기, 청소 및 정돈, 기타
미장, 견출 및 타일공사	재료반입적재, 작업준비, 바탕처리, 배합비빔, 작업이동, 바름타일붙이기, 청소정돈
석/외벽공사	자재반입적재, 운반, 돌 붙이기/트러스 및 패널설치, 줄눈처리코킹, 견출/할석작업, 이동
유리 및 창호공사	운반, 설치, 코킹, 청소, 정돈, 이동
금속잡철물공사	바탕처리/철물류 설치, 설치, 양수작업
E/V 공사	설치, 피트내부작업, 시험/검사
도장공사	작업 이동, 작업 준비, 칠하기, 보양, 청소·정돈
설비공사	자재(재료) 반입/적재, 장비 설치/관리, 배관설치, 주차설비공사, 시험/보온작업, 기구설치
기타공사	보양재 해체작업, 천정루버 테이프 제거작업중, 바닥물갈기 작업중, 합판정리작업중, 물탱크 유입구 확장공사, 풀배합중, 천정취부공사, 석고보드운반, 석고보드작업, 마감재 작업, 이동, 정리정돈
전기(통신)공사	자재, 설비반입/적재, BOX 설치, 전기배관, 배선(전선관 설치), 본선인입 및 기구/기기설치, 이동
커튼월공사	커튼월 제작 및 시공
단열공사	단열재료 운반 및 보관, 단열시공
해체공사	철근 콘크리트 구조물 해체, 조적벽 해체
양중공사	-
작업외 이동	-

3. 3 건축공사 중대재해 발생 현황

건축공사의 재해발생현황을 살펴보기 위해 지난 14년(1992~2005년)간 한국산업안전공단의 중대재해사례 보고집을 토대로 사망사고를 분석하였다. 그 결과, 건설업무의 공사별 및 공정별에 따라 추락·전도·충돌·낙하·비래 등 다양한 형태의 재해가 발생되었고, 건설현장이 대부분이 옥외에서 이루어지므로 지형·지질·기후 등의 영향을 많고 고소작업 많은 관계로 발생되는 재해의 건수에 비해 중대재해의 비율이 높은 것으로 나타났으며, 수많은 공정이 서로 연계되어 진행되므로 잠재적인 위험요소들이 복합되어 대규모의 재해가 일시에 일어나는 것으로 나타났다.

Table 6 Fatal accidents of architectural construction work

연 도	전체건설중대재해 발생건수	건축공사 중대재해 발생건수	중대재해발생비율 (%)
2005	609	167	27.4
2004	779	181	23.2
2003	762	161	21.1
2002	667	147	22.0
2001	659	153	23.2
2000	614	123	20.0
1999	583	75	12.9
1998	650	183	28.1
1997	798	223	27.9
1996	789	220	27.9
1995	715	194	27.1
1994	743	188	25.3
1993	636	83	13.0
1992	848	46	5.4
합 계	9,852(건)	2,144(건)	21.75(평균)

Table 6을 살펴보면 국내에서 발생한 전체 건설재해건수는 9,852건이고 이 중 건축공사에서 발생한 중대재해건수는 2,144건으로 전체 건설재해의 약 22%를 차지하고 있는 것으로 나타났고, 매년 발생하는 건축공사 재해 비율이 1%정도에서 최대 8%정도의 차이를 나타내고 있으며, IMF 이후 중대 재해율이 감소 추세를 보이다가 2000년 이후 다시 증가 추세를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 여전히 건설업에서 발생되는 중대재해의 위험성에 대한 근본적인 대책마련이 어렵고, 중대재해의 위험성에 대해 지속적으로 연구되어 온 많은 부분들이 실질적으로 건설업에 적용하기에 어렵거나, 적용하더라도 실효를 거두지 못하고 있는 것으로 판단된다. 국내의 경우에는 건축공사가 노무중심의 생산 활동을 하고 있으며 전체 건설재해에서 건축공사가 차지하는 비중이 토목공사에 비해 높게 나타나므로 건축공사의 위험성에 대한 보다 집중적인 안전대책 및 연구가 필요하다.

3. 4 건축공사 공종별 중대재해 발생 현황

건축공사에서 발생된 2,144건의 중대재해를 세부적으로 분석하면 건축공사를 22개의 공종으로 분류할 수 있다. 이러한 22개의 공종은 건설교통부 제정 '건축공사 표준시방서'의 공종분류표 및 KOSHA Code에 의거하여 기본적으로 분류하였으며, 분류된 건축공사의 각 공종은 세부적인 작업내용에 따라 분류하였다.

Table 7 Fatal accidents of work type in architectural construction work

분 류 / 중대재해 발생순 및 공종		중대재해발생건수	중대재해발생비율(%)
1	거푸집공사	338	15.8
2	가설공사	256	11.9
3	철골공사	216	10.2
4	토공사 및 기초공사	143	6.7
5	석/외벽공사	136	6.3
6	콘크리트공사	125	5.8
7	설비공사	122	5.7
8	미장, 견출 및 타일공사	109	5.1
9	도장공사	95	4.4
10	양중작업	92	4.3
11	철근공사	74	3.5
12	기타작업	62	2.9
13	E/V 공사	61	2.8
13	전기(통신)공사	61	2.8
15	유리 및 창호공사	52	2.4
16	조적공사	44	2.1
17	작업외 이동	42	2.0
18	방수공사	41	1.9
19	해체공사	39	1.8
20	금속 및 잡철물공사	20	0.9
21	단열공사	11	0.5
22	커튼월 공사	5	0.2
	합 계	2,144	100

Table 7은 건축공사에서 발생한 각 공종별 중대재해건수와 그에 따른 중대재해 발생비율을 나타내고 있다. 전체 건설업 중대재해 9,852건수 중에서 건축공사에서 발생된 중대재해 2,144건을 공종별로 분석한 결과, 거푸집공사에서 338건으로 가장 높은 비율인 15.8%의 중대재해가 발생하였다. 다음으로 가설공사와 철골공사의 중대재해 발생비율이 각각 11.9%와 10.2%로 타 공종에 비해 높은 중대재해 발생비율을 나타내었다. 그밖에 토공사 및 기초공사(6.7%), 석/외벽공사(6.3%), 콘크리트공사(5.8%), 설비공사(5.7%), 미장·견출·타일공사(5.1%), 도장공사(4.4%), 양중작업(4.3%), 철근공사(3.5%), 기타작업(2.9%), E/V공사(2.8%), 전기(통신)공사(2.8%), 유리 및 창호공사(2.4%), 조적공사(2.1%), 작업외 이동(2.0%), 방수공사(1.9%), 해체공사(1.8%), 금속 및 잡철물공사(0.9%), 단열공사(0.5%) 그리고 커튼월 공사(0.2%)의 중대재해 발생 비율 순으로 나타났다. 이와 같이 건축공사의 경우는 각 공종별로 매우 상이한 작업형태와 재해특성을 나타내고 있으므로 각 공종의 특성에 적합한 안전관리대책이 필요하다. 특히, 본 공사 이전의 준비공사 단계인 거푸집, 가설공사에서 27.7%의 재해비중을 나타내고 공사 진행에서 사전공사 안전계획 및 대책이 필요한 철골공사를 포함하면 본 공사 이전 단계의 공사에서 재해비율은 약 40%로 나타났다. 그러므로 건설공사 안전대책 수립을 위해 공사종류별로 필요한 안전정보와 각 공종에 대한 위험정도에 따라 적절한 안전관리가 이루어질 수 있도록 건설공사 공종별 재해특성 및 이에 따른 분석이 필요하다.

3. 5 건축공사 세부공종별 중대재해 발생 현황

본 연구에서는 KOSHA와 건축공사표준시방서를 통해 22개의 공종으로 건축공사를 분류하였고 이에 대해 각 공종별로 포함된 세부공종을 Table 8과 같이 분류하였다. 건축공사에서 발생된 2,144건의 중대재해를 작업형태별로 분석한 결과, 가설공사에서 256건이 발생하였으며, 7개의 세부공종 중에서 비계 설치작업에서 발생된 중대재해건수가 107건으로 가장 높게 나타났고, 가설장비 설치작업, 가설시설 설치작업이 각각 63건과 54건으로 타 세부공종에 비해 중대재해 발생비율이 높은 것으로 나타났다. 비계설치작업에서 발생되는 재해를 분석해 보면 근로자가 안전작업수칙 미숙지하고 무리하게 작업 중 추락, 비계 위에서 근로자가 안전대 미착용하고 임의로 올라가서 작업 중 추락, 안전모 및 안전대 등 개인보호구 미착용하고 비계 위에서 작업 중 부딪히거나 추락 그리고 비계기둥 하부 지반 침하로 비계기둥이 침하되면서 붕괴되는 사고 등 인 것으로 나타났다.

토공사 및 기초공사는 143건의 중대재해가 발생하였고, 9개의 세부공종 중에서 터파기 및 배수처리 작업의 중대재해건수가 47건으로 가장 높게 나타났고, 다음으로 지정 및 기초공사에서 발생된 중대재해가 37건으로 타 세부공종에 비해 많은 재해가 발생하였다. 터파기 및 배수처리 작업에서 발생된 재해를 분석한 결과, 근로자의 안전보호구 미착용과 굴삭기 운전원의 운전미숙으로 작업 중 근로자와 충돌 등과 같은 인적요인 이외에 법면, 토질이나 지층

상태 점검 소홀에 따른 붕괴 등으로 인해 사고가 발생된 것으로 나타났다.

중대재해건수가 338건으로 가장 많이 발생된 거푸집공사의 경우 6개의 세부공종 중에서 거푸집 설치작업에서 115건의 중대재해가 발생하여 타 세부공종에 비해 가장 높게 나타났고 다음으로 거푸집 해체작업, 거푸집 인양작업, 각재운반 및 가공작업, 청소 및 정리정돈 그리고 이동의 순으로 발생되었다. 세부공종 중에서 가장 재해발생비율이 높게 나타난 거푸집 설치작업을 분석해 보면 안전모 등 개인 보호구 미착용 상태에서 작업 중 자재에 부딪히거나 찔림, 안전대를 안전대 부착설비에 체결하지 않고 작업 중 추락, 동바리 미검정품 사용으로 내력감소 및 조립불량, 거푸집에 도포된 박리제를 밟아 미끄러져 넘어짐, 조립 중 거푸집 프레임에 발이 걸려 전도 등으로 인해 사고가 발생된 것으로 나타났다.

철골공사에서는 총 2,144건의 중대재해 중 216건이 발생하였고 세부공종을 분석한 결과 철골부재현장시공 작업에서 발생된 중대재해가 87건으로 타 세부공종에 비해 중대재해 발생률이 높은 것으로 나타났다.

철근공사, 콘크리트 공사, 방수공사, 조적공사, 미장・견출・타일공사, 석・외벽공사, 유리 및 창호공사, 수장공사 및 금속 잡철물공사, E/V공사, 도장공사, 설비공사, 전기(통신)공사, 커튼월공사, 단열공사, 해체공사, 양중작업, 작업 외 이동 그리고 기타공사의 경우도 Table 8에서 나타난 바와 같이 중대재해가 발생하였으며, 각 중대재해가 발생된 세부공종을 구분하여 나타내었다.

Table 8 Analysis of fatal accidents by subdivided work type

공종	세부공종	발생건수
거푸집공사 (338건)	각재운반/가공	24
	거푸집인양	64
	거푸집설치	115
	거푸집해체	103
	청소/정돈	18
	이동	14
가설공사 (256건)	가설울타리	13
	현장사무실설치	8
	가설시설설치작업	54
	비계설치작업	107
	가설통로/계단	2
	장비설치	63
	청소정돈/유지관리	9
철골공사 (216건)	철골부재 공작/용접/볼트	36
	철골부재운반	50
	철골부재현장시공	87
	철골해체	11
	이동	25
	내화피복	7
토공사 및 기초공사 (143건)	장비관리	2
	자재운반	8
	터파기 및 배수처리	47
	지정 및 기초공사	37
	흙막이 공사	13
	흙막이시설해체	17
	흙막이 가시설	7
	청소, 정돈	9
	이동	4

Table 8 Analysis of fatal accidents by subdivided work type(continue)

공종	세부공종	발생건수
석/외벽공사 (136건)	자재반입, 적재	6
	운반	9
	돌 붙이기/트러스 및 패널설치	81
	줄눈처리 코킹	7
	견출/할석작업	29
	이동	4
콘크리트공사 (125건)	콘크리트 타설	75
	장비이동/해체	9
	면 정리 작업	11
	보양	18
	청소/정돈	6
	이동	6
설비공사 (122건)	자재(재료)반입/적재	9
	장비 설치/관리	14
	배관설치	55
	주차설비공사	12
	시험/보온작업	5
	기구설치	27
미장, 견출 및 타일공사 (109건)	재료 반입, 적재	21
	작업준비	15
	바탕처리	10
	배합, 비빔	5
	작업이동	19
	바름, 타일붙이기	35
	청소, 정돈	4
도장공사 (95건)	작업이동	13
	작업준비	9
	칠하기	64
	보양	3
	청소/정돈	6
양중작업 (92건)		92

Table 8 Analysis of fatal accidents by subdivided work type(continue)

공종	세부공종	발생건수
철근공사 (74건)	철근반입/운반	32
	철근보강작업	7
	철근가공	6
	철근조립/배근	29
기타공사 (62건)	보양재 해체작업	3
	천정 루바 테이프 제거작업 중	5
	바닥물갈기 작업 중	6
	합판정리 작업 중	3
	물탱크 유입구 확장공사	2
	풀배합 중	4
	천정취부공사	7
	석고보드운반	1
	석고보드작업	5
	마감재 작업	13
	이동	6
	정리정돈	7
전기(통신) 공사 (61건)	자재, 설비반입/적재	9
	BOX설치	2
	전기배관, 배선(전선관 설치)	27
	본선인입 및 기구/기기설치	17
	이동	6
E/V 공사 (61건)	설치	43
	피트내부 작업	8
	시험/검사	10
유리 및 창호공사 (52건)	운반	11
	설치	25
	코킹	9
	청소/정돈	3
	이동	4
조적공사 (44건)	운반	19
	쌓기	14
	청소, 정돈	3
	기타	8

Table 8 Analysis of fatal accidents by subdivided work type(continue)

공종	세부공종	발생건수
작업외 이동 (42건)		42
방수공사 (41건)	자재반입/적재	5
	바탕면 처리	4
	방수작업	14
	이동	8
	청소/정돈	8
	방수액도포작업	2
해체공사 (39건)	철근 콘크리트 구조물 해체	22
	조적벽체해체	17
금속 및 잡철물공사 (20건)	바탕처리/철물류 설치	4
	설치	10
	양수작업	6
단열공사 (11건)	단열재료 운반 및 보관	6
	단열시공	5
커튼월공사 (5건)	커튼월제작 및 시공	5

4. 건축공사의 위험성 평가방법

4. 1 건축공사 공종별 작업량 산출방법

본 연구에서는 건축공사의 공종별 위험성 평가에 필요한 공종별 작업량을 산출하기 위해 건축공사 공종별 작업 투입인원 및 작업기간을 공사액 규모에 따라 서울과 인천 지역의 세 개의 아파트 공사현장을 대상으로 분석하였다.

건축공사 종류별 공사비에 따른 비율은 각 년도에 따라 약간의 변동은 있으나 대한건설협회의 건설업통계[52]를 참조하여 2005년부터 2006년까지의 원도급 공사액에 따라 분석하면 토목공사가 28.9%를 차지하고 건축공사는 65.8%를 차지하고 있으며, 산업설비공사가 3.7% 그리고 조경공사가 1.2%를 각각 차지하는 것으로 나타났다. 이는 2004년과 2005년 원도급공사액을 기준으로 분석한 것으로 건축공사가 토목공사에 비해 2배 이상의 높은 공사비 비중을 차지하고, 토목공사 및 건축공사가 전체 공사비 비중의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다.

Table 9는 건축공사의 원도급액만을 기준으로 해서 각 건축공사의 2년간 공사비 비중을 평균으로 분석한 것으로서 정도의 차이는 있으나 기타 년도에서도 거의 유사한 경향을 나타내었다. 2005년도 전체 건축공사 49,604건 중에 아파트 공사의 경우 3,581건으로 전체 공사건수에서 차지하는 비율은 7.2%로 타 공사에 비해 낮게 나타났으나, 공사비 비중을 살펴보면, 740,990억원 중에

서 340,856억원으로 전체 공사비 비중에서 30.3%를 차지하는 것으로 나타났고, 이는 건축공사 중에서 차지하는 비율로 산출하면 약 45%를 차지한다. 건축공사에서 아파트 공사 다음으로 가장 높은 공사비 비중을 나타낸 공사는 상업용건물 공사로서 전체 건축공사에서 약 14%의 비중을 나타내고 있으며, 타 공사 역시 10%이하의 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 건축공사의 공종별로 투입되는 인원 및 작업기간을 산출하기 위한 공사 모델로서 아파트 공사가 대표성을 가지고 있다고 판단되어 이를 적용하였다.

Table 9 Analysis of construction case and money according to a type of architectural construction work

(금액단위 : 억원)

공사종류	'04 년			'05 년		
	건수(%)	금액(%)	합계 (%)	건수(%)	금액(%)	합계 (%)
주택	1,250 (2.35)	7,916 (1.1)	0.7	953 (1.9)	4,811 (0.65)	0.4
아파트	4,502 (8.45)	313,216 (42.9)	28.2	3,581 (7.2)	340,856 (46)	30.3
호텔	1,223 (2.3)	14,785 (2.0)	1.3	686 (1.4)	11,238 (1.52)	1.0
상업용 건물	7,100 (13.3)	103,307 (14.2)	9.3	5,365 (10.8)	97,812 (13.2)	8.7
사무실용 건물	3,699 (6.9)	71,871 (9.85)	6.5	3,142 (6.3)	52,583 (7.1)	4.7
학교	8,802 (16.5)	41,493 (5.7)	3.7	6,980 (14.1)	35,687 (4.8)	3.2
관공서 건물	3,648 (6.85)	18,793 (2.6)	1.7	3,787 (7.6)	21,541 (2.9)	1.9
병원	960 (1.8)	8,936 (1.2)	0.8	1,045 (2.1)	9,040 (1.2)	0.8
공장	8,092 (15.2)	69,911 (9.6)	6.3	9,435 (19.0)	82,523 (11.1)	7.3
창고, 터미널	1,408 (2.6)	11,097 (1.5)	1	1,422 (2.9)	10,583 (1.4)	0.9
종교용 건물	984 (1.85)	6,744 (0.9)	0.6	0	7,696 (1)	0.7
기계·기구설비 건물	287(0.5)	7,591 (1.0)	0.7	382 (0.8)	12,991 (1.75)	1.2
기타	11,323 (21)	54,353 (7.45)	4.9	12,826 (25.8)	53,629 (7.2)	4.8
합계	**53,278**	**730,013**	**65.7**	**49,604**	**740,990**	**65.9**

4. 2 건축공사 공종별 작업투입인원 및 작업기간 산출

건축공사의 공종별 투입인원 및 작업기간을 산출하기 위하여 주택, 아파트, 상가 및 주거용 건물, 호텔, 숙박시설, 관공서 건물, 학교 병원, 종교용 건물, 집회 전시시설, 공장, 기타 건축시설 중에서 연간 공사비 비중이 가장 높은 아파트 공사현장을 대상으로 공사액 규모에 따라 조사 및 분석하였다.

Table 10[53]에서는 거푸집공사에서 커튼월공사까지 22개의 공종에 대한 연간 작업투입인원 및 공사기간을 나타내었다. 이는 서울, 인천지역에서 공사가 완료된 현장을 대상으로 실질적으로 각 공종에 투입된 인원과 공종에 소요된 공사기간을 나타낸 것이다. 지난 14년간(1992~2005년) 발생된 총 중대재해건수 2,144건 중에 338건으로 가장 높은 비율을 차지한 거푸집공사의 경우 연간 평균 작업투입인원이 13,720명으로 타 공종에 비해 작업투입인원의 수가 매우 많은 것으로 나타났다. 거푸집공사 다음으로 철근공사와 유리 및 창호공사 그리고 미장, 견출 및 타일공사의 연간평균작업투입인원이 각각 7,794명, 7,718명, 5,035명으로 비교적 타 공종에 비해 작업에 투입되는 인원수가 많은 것으로 분석되었다. 반면, 양중작업과 철골공사의 연간 평균 작업투입인원은 각각 838명과 456명으로 타 공종에 비해 작업량이 작은 것으로 나타났다. 이러한 수치는 건축공사의 공종별 위험지수를 도출하기 위한 유용한 자료로서 건축공사이외에 토목공사, 산업설비공사 및 조경공사에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

Table 10 Average input workers and work period of architectural construction work

공 종	A		B		C		평균		
	작업 투입 인원 (인)	작업 기간 (개월)	작업 투입 인원 (인)	작업 기간 (개월)	작업 투입 인원 (인)	작업 기간 (개월)	작업 투입 인원 (인)	작업 기간 (개월)	연평균 작업 투입 인원 (인)
거푸집공사	33,000	22	44,000	25	5,322	26	27,440	24	13,720
철근공사	16,000	22	28,000	24	4,716	29	16,238	25	7,794
미장, 견출, 타일 공사	12,650	27	15,500	16	801	28	9,650	23	5,035
유리 및 창호공사	11,540	22	18,900	15	2,362	16	10,934	17	7,718
기타작업	5,520	33	7,500	34	202	32	4,407	33	1,603
가설공사	5,590	30	8,500	24	618	45	4,902	33	1,783
설비공사	3,870	30	5,600	29	1,134	39	3,534	32	1,325
금속 및 잡철물 공사	5,240	22	8,600	17	440	21	4,760	20	2,856
방수공사	4,980	22	5,800	17	264	23	3,681	20	2,209
전기(통신)공사	3,180	31	5,000	29	763	37	3,981	32	1,493
양중작업	3,650	25	3,400	31	74	46	2,374	34	838
석/외벽공사	3,870	19	5,500	10	344	17	3,238	15	2,590
토공사 및 기초공사	4,800	13	7,100	14	698	20	4,199	15	3,359
콘크리트공사	3,100	20	2,900	24	1,180	27	2,393	23	1,249
조적공사	3,120	17	5,600	16	593	15	3,104	16	2,328
E/V공사	2,830	16	4,500	5	445	15	2,591	12	2,591
도장공사	2,890	9	4,500	15	235	23	2,541	15	2,033
단열공사	3,300	7	4,400	6	265	5	2,655	6	5,310
작업외 이동	3,100	3	-	-	202	32	1,100	11	1,200
해체공사	1,800	4	-	-	155	3	651	2	3,906
철골공사	-	-	390	9	296	9	228	6	456

4. 3 건축공사 공종별 위험지수 산출식 개발

최근까지 국내에서는 재해자수, 사망자수, 재해발생건수, 근로자수, 근로손실을 등[54~56]을 고려하여 재해의 정도를 추정하고 있으며, 이는 기업단위나 산업분류 단위로 지표가 발표되고 있다. 기존의 위험도 평가 기법으로 체크리스트 기법, 결함수 기법 등과 같은 정량적, 정성적 평가기법을 사용하고 있으나, 경험이나 위험확률에 기초하여 위험도를 평가하는 것으로 제조업과 같이 반복되는 공정에서나 적용될 수 있으므로, 본 연구에서는 건축공사의 공종별 위험 정도를 지난 14년(1992~2004년)간 건축공사에서 발생된 중대재해사례와 각 공종별로 투입된 작업인원 및 기간을 고려하여 식(2)를 통해 나타내었다.

$$\text{위험지수} = \frac{\text{연간근로손실일수}}{\text{총 근로시간}} \quad \cdots\cdots(2)$$

- 연간근로손실일수 $= \frac{\text{14년 동안 발생한 공종별 중대재해(명)}}{\text{14(년)}} \times 7{,}500(\text{일})$
- 총 근로시간수 = 공종별 작업투입인원수(년)×8시간(1일 근무시간)

식(2)와 같이 중대재해자수와 작업투입인원 및 기간을 고려한 공종별 위험도를 산출하기 위해 14년간 건축공사에서 발생 중대재해사례건수 중에서 중대재해자수를 분석하였으며, 1명의 중대재해자에 대해 7,500일[57]의 근로손실일수를 가산하였고 이를 공종별 연간근로손실일수로 나타내었다. 사망건수에 의한 근로손실을 7,500일로 정한 것은 재해로 인한 사망자의 평균연령 30세, 노동

가능연령을 55세, 1년의 노동일수 300일로 산출하면 사망으로 인한 근로손실일수는 300일에 노동 가능연령 55세에서 평균연령 30세를 뺀 25년을 곱하여 7,500일이 산출된다.

건축공사의 각 공종별로 공사시작 시점부터 마무리될 때 까지 실질적인 공종별 연간 투입인원수에 1일 근무시간을 8시간, 연간 근로일수는 300일[57]로 산출하여 연간 총 근로시간을 나타내었다.

4. 4 건축공사 공종별 위험지수 산출

공종별 위험지수 산출 모델을 통해 지난 14년 동안 건축공사에서 발생된 중대재해자수와 공종별 작업투입인원과 공사기간을 고려한 공종별 위험도는 Table 11[58]과 같이 나타났다. 건설업 중대재해사례 중에서 가장 재해율이 높게 나타난 거푸집공사의 경우에 공종별 위험지수는 0.018로 22개의 공종 중에서 13번째인 것으로 나타나, 실질적으로 소요된 작업투입인원과 기간에 비해서는 위험율이 타 공종에 비해 높지 않은 것으로 나타났다. 반면 가설공사와 철골작업의 경우는 중대재해건수가 각각 245건, 199건으로 높았고 공종별 위험율 또한 0.108과 0.357로서 위험한 공종으로 나타났으며, 양중작업, 콘크리트공사, 설비공사, 석/외벽공사, 도장공사, 토공사 및 기초공사 등도 비교적 위험지수가 높은 공종에 포함되며, 단열공사, 유리 및 창호공사, 수장공사 및 금속 잡철물공사 등은 위험지수가 낮은 공종으로 나타났다.

Table 11 Risk Index of work types according to the fatal accident cases and input workers

공 종	연간 근로손실일수 (일)	연평균 근로시간 (시간)	공종별 위험율	공종별 위험지수
거푸집공사	181,071	109,760	1.64	0.018
가설공사	137,142	14,264	9.61	0.108
철골공사	115,714	3,648	31.72	0.357
토공사 및 기초공사	76,607	26,872	2.85	0.032
석/외벽공사	72,857	20,720	3.51	0.038
콘크리트공사	66,964	9,992	6.70	0.074
설비공사	65,357	10,600	6.17	0.068
미장,견출 및 타일공사	58,393	40,280	1.45	0.015
도장공사	50,892	16,264	3.13	0.034
양중작업	49,286	6,704	7.35	0.082
철근공사	39,642	62,352	0.64	0.007
기타작업	33,214	12,824	2.59	0.028
E/V 공사	32,678	20,728	1.58	0.016
전기(통신)공사	32,678	11,944	2.74	0.030
유리 및 창호공사	27,857	61,744	0.45	0.004
조적공사	23,571	18,624	1.27	0.101
작업외 이동	22,500	9,600	2.34	0.026
방수공사	21,964	17,672	1.24	0.014
해체공사	20,892	31,248	0.67	0.007
금속 및 잡철물공사	10,714	22,848	0.47	0.005
단열공사	5,892	42,480	0.14	0.001
커튼월 공사	2,678	-	-	
합 계	1,148,563		88.26	1

※ Table 내에 음영이 들어간 부분은 위험지수가 높은 5개 공종을 나타냄.

4. 5 건축공사 공종별 중대재해 발생율과 위험지수 비교

건축공사의 공종별 중대재해 발생율과 위험지수 산출식에 의해 도출된 위험지수를 비교한 결과는 Fig. 5와 같이 나타났다.

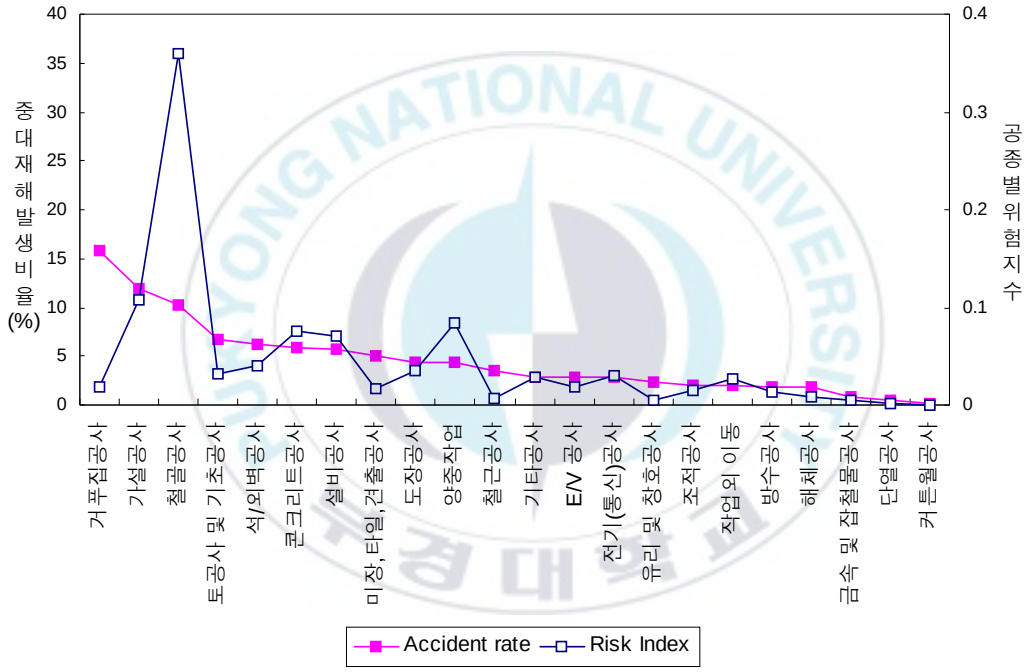

Fig. 5 Comparison of the risk index and fatal accident rate with regard to the work type of architectural construction work

거푸집 공사의 경우 중대재해 발생율이 전체 2,144건 중에 338건으로 22개의 공종 중에서 중대재해 발생율이 가장 높게 나타났으나, 작업투입인원과 작업기간이 고려된 건축공사 공종별 위험지수 산출식을 통해 분석된 위험지수는 0.018로서 22개의 공종 중 13번째로 위험한 공종으로 나타났다. 이는 타 공종과 비교했을 때 거푸집공사의 경우 작업량을 고려한 위험성은 높지 않다고 할 수 있다.

반면, 철골공사는 중대재해 발생건수가 216건으로 22개의 공종 중에서 중대재해 발생율이 3번째로 높은 공종에는 속했지만, 작업강도를 고려한 위험지수는 0.357로 타 공종과 비교 했을 때 위험지수가 가장 높은 것으로 나타났다. 즉, 철골공사에 투입되는 작업인원과 작업기간은 22개 공종 중에 가장 낮았으나 작업 자체의 위험성은 매우 높은 것으로 판단된다. 가설공사의 중대재해 발생건수는 256건으로 22개의 공종 중 3번째로 높은 중대재해 발생율을 보였고, 위험지수도 0.108로서 2번째로 높게 나타났다.

조적공사와 양중작업의 경우는 각각 중대재해 발생건수가 44건과 92건으로 비교적 타 공종에 비해 중대재해 발생율이 낮은 편에 속하나, 위험지수는 각각 0.101과 0.082로서 22개의 공종 중에서 3번째와 4번째로 위험한 공종으로 나타났다. 따라서, 매년 발생되는 공종별 중대재해건수만으로 위험성을 평가하기보다는 본 연구에서 개발된 공종별 위험지수 산출모델을 통해 공종별 작업량이 고려된 위험지수를 활용하는 것이 보다 유효할 것으로 판단된다.

4. 6 건축공사 공종별 위험지수 검증

건축공사 공종별 위험지수를 구하기 위해 본 연구에서는 지난 14년 동안 건축공사에서 발생된 공종별 중대재해를 분석하고, 공종별 작업강도를 산출하기 위해 아파트 공사 세 곳을 조사하여 공종별 작업 투입인원 및 작업기간을 분석하였다. 이를 통해 건축공사 공종별 위험지수를 Table 11과 같이 도출하였다. 본 연구의 위험지수 산출모델을 통해 구한 건축공사의 공종별 위험지수에 대한 검증을 위해 선행연구에서 도출한 공종별 위험지수를 비교·검토 하였다. 선행연구에서는 건축공사 공종에 대한 위험지수를 산출하기 위한 방법으로 AHP를 이용하였으며, AHP를 이용한 설문은 건설업에 종사하는 건설현장 소장, 건설안전기술사 그리고 안전관리자를 대상으로 실시하였다.

위험지수 검증에는 SAS version 8.0 system의 Wilcoxon Scores, Van der vaerden Scores와 Savage Scores가 사용되었으며, 검증결과에 대한 상세한 내용은 부록 Ⅱ에서 설명하였다.

본 연구에서 산출한 건축공사 공종별 위험지수와 선행연구에서 산출한 공종별 위험지수를 비교한 결과는 Table 12와 같이 나타났다.

Table 12 Risk Index comparison of previous study with recently study

AHP를 이용한 선행연구결과			위험지수 산출모델을 이용한 공종별 위험지수		
공 종		위험지수	공종		위험지수
Group 1					
A	철골공사	0.195	B	철골공사	0.357
	가설공사	0.146		가설공사	0.108
	조적공사	0.013		조적공사	0.101
	양중작업	0.077		양중작업	0.082
	콘크리트 공사	0.055		콘크리트 공사	0.074
	설비공사	0.012		설비공사	0.068
	석외벽공사	0.050		석외벽공사	0.038
Group 2					
C	도장공사	0.005	D	도장공사	0.034
	토공사 및 기초공사	0.011		토공사 및 기초공사	0.032
	전기(통신)공사	0.029		전기(통신)공사	0.030
	작업외 이동	0.023		작업외 이동	0.026
	거푸집공사	0.229		거푸집공사	0.018
	E/V 공사	0.049		E/V 공사	0.016
	미장, 견출, 타일공사	0.011		미장, 견출, 타일공사	0.015
Group 3					
E	방수공사	0.012	F	방수공사	0.014
	철근공사	0.065		철근공사	0.007
	해체공사	0.006		해체공사	0.007
	금속 및 잡철물공사	0.007		금속 및 잡철물공사	0.005
	유리 및 창호공사	0.033		유리 및 창호공사	0.004
	단열공사	0.004		단열공사	0.001

Table 12에서 나타난 바와 같이 선행연구와 본 연구에서 개발한 위험지수 산출모델을 통해 구한 건축공사 공종별 위험지수를 3개의 Group으로 분류하여 각 Group 내에 포함된 위험지수에 대해 SAS version 8.0시스템을 이용하여 비모수 검정을 실시하였다.

비모수 검증은 모집단의 특성분포에 대한 어떤 가정을 하지 않은 상태에서 모집단의 특성을 추정하는 분석방법으로 선형성, 정규분포성 등의 조건이 없어도 되며 가설 검증력이 모수적 추리통계에 비해서 정밀하지 못하다. 그러나, 이 분석 방법은 자료를 명목척도나 순위척도로 측정하는 경우와 표본의 크기가 매우 작은 경우에 유용한 방법이고 모수적 방법에 대한 적용이 용이하고 이해가 쉬우므로 신속한 검정을 할 수 있다[59].

비모수 통계 분석방법의 종류에는 적합도 검정, 무작위성 검정, 변수간 분포의 동질성 검정, 집단간 분포의 동질성 검정, 변수간의 상관관계분석이 있다.

Fig. 6, 7, 8은 Wilcoxon scores 검정 방법으로 분석한 결과를 나타낸 것이다. 즉, 앞서 분류한 Group 1, 2, 3 내의 공종별 위험지수가 선행연구의 결과와 본 연구에서 제시한 식에 의해 나타난 결과가 일치하는지의 여부를 검정하기 위해 이용하는 방법이다.

적합도 검정을 위해서는 우선 Group 내의 공종별 위험지수에 대한 귀무가설과 대립가설을 설정해야 한다. 귀무가설은 Group 내의 공종별 위험지수가 차이를 나타내지 않는다라는 의미이고, 대립가설은 Group 내의 공종별 위험지수가 차이가 나타난다라는 의미로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

① H_0(귀무가설) : Group 내의 공종별 위험지수가 차이를 나타내지 않는다.

② H_1(대립가설) : Group 내의 공종별 위험지수가 차이를 나타낸다.

Fig. 6에서 나타난 바와 같이 Group 1에 포함된 A와 B 공종들을 분석한 결과로부터 p-value > 0.05 이므로 귀무가설을 채택하여 Group 1 내의 공종별 위험지수가 차이를 나타내지 않는 것으로 분석되었다. p-value는 다양한 통계적 분석방법을 통해 나오는 확률값을 의미하며, 0.05는 유의수준 5%를 의미한다. 즉, 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있으며, Wilcoxon Scores이외에 Van der vaerden Scores와 Savage Scores 검정으로 분석한 결과에서도 p-value가 모두 0.05보다 큰 것으로 나타났다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
a	7	45.0	52.50	7.826238	6.428571
b	7	60.0	52.50	7.826238	8.571429

Wilcoxon Two-Sample Test

Statistic	45.0000
Normal Approximation	
Z	-0.8944
One-Sided Pr < Z	0.1855
Two-Sided Pr > |Z|	0.3711
t Approximation	
One-Sided Pr < Z	0.1937
Two-Sided Pr > |Z|	0.3874

Z includes a continuity correction of **0.5**

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square	0.9184
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.3379**

Fig. 6 Chi-Square result for Group 1

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
c	7	49.0	52.50	7.817633	7.0
d	7	56.0	52.50	7.817633	8.0

Average scores were used for ties

Wilcoxon Two-Sample Test

Statistic	49.0000
Normal Approximation	
Z	-0.3837
One-Sided Pr < Z	0.3506
Two-Sided Pr > |Z|	0.7012
t Approximation	
One-Sided Pr < Z	0.3537
Two-Sided Pr > |Z|	0.7074

Z includes a continuity correction of **0.5**

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square	0.2004
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.6544**

Fig. 7 Chi-Square result for Group 2

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
e	6	46.50	39.0	6.190168	7.750
f	6	31.50	39.0	6.190168	5.250

Average scores were used for ties

Wilcoxon Two-Sample Test

Statistic	46.5000

Normal Approximation

Z	1.1308
One-Sided Pr > Z	0.1291
Two-Sided Pr > |Z|	0.2581

t Approximation

One-Sided Pr > Z	0.1411
Two-Sided Pr > |Z|	0.2822

Z includes a continuity correction of **0.5**

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square	1.4680
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.2257**

Fig. 8 Chi-Square result for Group 3

Fig. 7과 8에 대한 내용도 AHP를 이용한 선행연구 결과에서 나타난 각 공종별 위험지수와 본 연구에서 개발된 위험지수 산출모델을 통해 나타난 공종별 위험지수를 Wilcoxon Scores를 이용하여 분석한 것으로 Group 2와 3에 포함된 C와 D 그리고 E와 F의 공종들을 분석한 결과 p값이 각각 0.6544와 0.2257로 0.05보다 큰 것으로 나타나 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있으며, Wilcoxon Scores이외에 Van der vaerden Scores와 Savage Scores로 Chi-square 검정결과에서 p값이 모두 0.05보다 큰 것으로 나타났다.

5. AHP를 이용한 건축공사 세부공종별 위험지수 산출

5. 1 AHP를 이용한 건축공사 세부공종 설문 및 분석

건축공사의 공종은 건축공사 표준시방서와 KOSHA Code를 비교 및 검토를 통해 22개 공종으로 분류하였다. 분류된 22개의 공종에 대한 위험지수는 공종별 중대재해사례와 작업투입인원 및 작업기간을 고려한 위험지수 산출식을 통해서 이미 제시하였다. 그러나 각 공종에 포함된 세부공종에 대한 위험지수는 각 공종별로 투입된 작업인원과 작업기간을 산출하기에 정량적인 자료의 한계가 있기 때문에 해당 세부공종에 대해 경험이 있는 건설현장 소장, 안전관리자 및 기술사 등의 전문가 집단을 대상으로 설문을 실시하였다.

45부의 설문응답자를 분석한 결과, 건설현장소장이 24부, 건설현장 안전관리자가 16부, 건설안전기술사가 5부인 것으로 나타났다. 건설현장소장이면서 건설안전기술사 자격을 지닌 응답자가 다수 포함되어 있으므로 설문대상에 중복되는 대상은 우선적으로 현장소장으로 분류하였다. 피설문자들의 근무연수를 분석한 결과, 건설현장소장 24명은 모두 10년 이상의 경력을 가지고 있고, 기술사도 5명 모두 10년 이상 건설안전관련 경력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 반면 안전관리자의 경우는 16명 중에서 10년 이상의 경력자는 4명이고 나머지 12명은 10년 미만의 경력을 가진 것으로 나타났다.

설문지 내용이 AHP를 적용할 수 있도록 작성을 하였기 때문에 피설문자들을 설문을 하는데 어려움을 나타냈고, 그러한 이유로 배부된 설문지에 회수율이 비교적 낮게 나타났다. 22개의 각 공종에 해당되는 세부공종에 대한 분류는 중대재해가 발생했던 공종을 위주로 분류하였으며, 공종 내에 포함된 세부공종의 수가 3개 이상인 공종은 15개인 것으로 나타나 이에 해당되는 공종들의 세부공종에 대한 설문만을 실시하였다. 즉, AHP를 이용하여 설문을 분석하기 위해서는 각 공종에 포함된 세부공종의 수가 2개 이하일 경우에는 분석이 불가능하므로, 설문을 실시하기 전에 이에 해당되는 공종을 제외시켰다.

15개의 공종에 포함된 세부공종 수를 살펴보면, 토공사 및 기초공사가 9개로서 가장 많은 수를 나타내고 있고, E/V 공사와 조적공사의 경우 각 3개의 세부공사로 분류되어져 있으며, 나머지 공종들의 경우 4개에서 7개로 분류되었다. Saaty[23]는 각 단계에서 요소의 수는 7±2(최고 9개)개가 적당하다고 제안하였으므로, 건축공사의 공종들에 포함된 각 세부공종 요소들을 이원비교하는 것이 가능한 것으로 판단된다.

5. 2 건축공사 세부공종의 위험지수 산출방법

5. 2. 1 건축공사 세부공종의 설문에 대한 일관성 분석

건축공사의 15개 공종 내에 세부공종들에 대한 설문에 대하여 회수된 45부 각각의 응답내용이 일관성 비율(CR : Consistency Ratio) 0.1 이하인지의 여부를 알기위해 설문 응답자를 개개인으로 분석한 결과는 Table 13과 같이 나타났다.

Table 13을 살펴보면 설문 응답자 27번의 경우 15개의 공종에 대한 설문분석결과 모두 일관성 비율이 0.1을 초과하는 것으로 나타났고, 25번과 43번의 설문 응답자들은 각각 1개의 공종을 제외한 14개 공종의 설문에 대한 일관성 비율이 0.1 이하로 나타났다. 그리고 33번의 경우 미장, 견출 및 타일공사에 대해서만 일관성 비율이 0.08로써 0.1 이하를 나타냈고, 나머지 14개 공종은 일관성 비율이 0.1을 초과하는 것으로 나타났다. 설문의 내용이 다소 어려운 부분이 있는 관계로 건설현장 경험을 비롯하여 이에 대한 전문적 지식을 습득한 건설현장 소장, 안전 관리자 그리고 건설관련 기술사 등을 대상으로 설문을 실시하였음에도 불구하고, 675개의 항목에 대해 일관성 비율이 0.1 이하로 나타난 항목은 절반이 되지 않는 329개인 것으로 나타났다.

Table 13 Consistency Ratio analysis of subdivided work type

응답자	가설	거푸집	도장	미장 건출	방수	석/외벽	설비	E/V	유리 창호	전기	조적	철골	철근	콘크	토공
1	0.18	0.06	0.12	0.09	0.26	0.13	0.1	0.12	0.12	0.11	0.02	0.34	0.1	0.08	0.29
2	0.08	0.07	0.03	0.29	0.03	0.13	0.05	0	0.08	0.21	0	0.12	0.01	0.06	0.22
3	0.11	0.04	0.03	0.17	0.09	0.02	0.09	0.12	0	0.05	0.02	0.03	0.06	0.05	0.06
4	0.17	0.11	0.04	0	0.06	0.09	0.04	0.12	0.03	0.03	0	0.22	0	0.02	0.09
5	0.07	0.02	0.04	0.05	0.04	0.15	0.06	0.12	0.03	0.06	0.02	0.03	0.01	0.05	0.05
6	0.29	0.09	0.44	0.16	0.13	0.11	0.05	0.26	0.09	0.09	0	0.1	0.18	0.07	0.11
7	0.1	0.12	0	0.13	0.07	0.09	0.06	0	0.17	0.07	0.05	0.15	0.1	0.06	0.07
8	0.37	0.29	0.23	0.23	0.23	0.15	0.22	0.12	0.07	0.34	0.03	0.29	0.06	0.51	0.18
9	0.54	0.24	0.05	0.09	0.2	0.35	0.45	0.21	0.48	0.07	0	0.3	0.06	0.16	0.37
10	0.28	0.07	0.07	0.15	0.07	0.18	0.23	0.06	0.25	0.22	0	0.58	0.01	0.36	0.28
11	1.11	0.15	0.05	0.21	0.33	0.08	0.09	0	0.19	0.12	0	0.71	0.1	0.2	0.13
12	0.63	0.14	0.05	0.11	0.2	0.08	0.25	0.03	0.05	0.08	0.1	0.31	0.04	0.07	0.27
13	0.23	0.03	0	0.18	0.07	0.09	0.02	0.4	0	0	0.07	0.09	0.18	0	0.24
14	0.21	0.1	0.03	0.14	0.07	0.09	0.25	0	0.2	0.03	0.02	0.2	0.11	0.11	0.09
15	0.43	0.21	0.12	0.11	0.3	0.1	0.06	0	0.52	0.27	0.05	0.2	0.13	0.04	0.32
16	0.2	0.07	0.07	0.09	0.08	0.04	0.11	0	0.09	0.09	0.05	0.92	0.12	0.09	0.36
17	0.09	0.14	0.11	0.16	0.03	0.2	0.08	0.06	0.17	0.04	0.02	0.15	0.12	0.08	0.1
18	0.11	0.14	0.03	0.03	0.03	0.16	0.06	0	0	0	0.05	0.16	0	0.06	0.1
19	0.38	0.03	0.07	0.02	0.05	0.1	0.09	0.52	0.09	0.01	0	0.05	0	0.02	0.1
20	0.29	0.04	0.14	0.03	0	0.12	0.1	0.39	0.18	0.15	0.03	0.06	0.06	0.09	0.28
21	0.1	0.17	0.17	0.07	0.07	0.2	0.1	0	0.15	0.16	0.03	0.34	0.1	0.11	0.09
22	0.1	0.16	0.1	0.2	0.11	0.14	0.16	0	0.08	0.07	0.05	0.32	0.37	0.17	0.23
23	0.23	0.11	0.19	0.07	0.05	0.08	0.22	0.12	0.14	0.19	0.03	0.23	0.06	0.15	0.08
24	0.29	0.24	0.07	0.05	0.09	0.06	0.09	0	0.24	0.05	0.03	0.14	0.04	0.06	0.16
25	0.1	0.04	0.15	0.08	0.04	0.03	0.1	0.01	0.02	0.07	0.05	0.04	0.06	0.03	0.06

Table 13 Consistency Ratio analysis of subdivided work type(continue)

응답자	가설	거푸집	도장	미장 건출	방수	석/외벽	설비	E/V	유리 창호	전기	조적	철골	철근	콘크	토공
26	0.24	0.12	0.12	0.17	0.16	0.17	0.03	0.12	0.14	0.17	0.12	0.14	0.46	0.14	0.36
27	0.15	0.31	0.68	0.6	0.58	0.64	0.57	0.26	0.57	0.54	0.12	0.31	0.78	0.29	0.5
28	0.05	0.04	0.06	0.04	0.02	0.04	0.03	0.19	0.05	0.03	0.05	0.09	0.12	0.07	0.13
29	0.12	0.07	0.59	0.23	0.25	0.34	0.34	0.12	0.28	0.56	0.02	0.55	0.21	0.68	0.2
30	0.16	0.03	0.12	0.18	0.12	0.23	0.16	0.41	0.04	0.33	0	0.1	0.08	0.09	0.24
31	0.12	0.22	0.24	0.32	0.11	0.36	0.17	0.26	0.16	0.09	0.12	0.17	0.06	0.11	0.2
32	0.09	0.03	0	0.04	0.02	0.02	0.04	0	0.08	0.04	0.12	0.04	0.06	0.03	0.04
33	0.12	0.21	0.14	0.08	0.17	0.21	0.17	0.49	0.19	0.17	0.03	0.15	0.14	0.18	0.31
34	0.25	0.12	0.06	0.09	0.06	0.02	0.08	0	0.01	0	0.19	0.08	0	0.06	0.21
35	0.13	0.06	0	0.14	0.03	0.08	0	0	0.03	0.07	0	0.16	0.25	0.18	0.12
36	0.15	0.07	0	0	0	0.07	0.07	0	0.14	0	0	0.09	0	0.03	0.16
37	0.25	0.11	0	0.06	0.11	0.14	0.15	0	0.37	0.23	0	0.8	0	0.28	0.34
38	0.24	0.09	0.03	0.22	0.04	0.26	0.14	0.12	0.2	0.2	0.03	0.19	0.06	0.18	0.18
39	0.25	0.18	0	0.1	0.06	0.09	0.17	0.07	0.15	0.05	0.12	0.25	0.06	0.11	0.19
40	0.04	0.07	0.03	0.04	0.03	0.1	0.03	0.12	0.03	0	0	0.08	0	0.08	0.09
41	0.05	0.18	0.05	0.02	0.05	0.28	0.13	0.65	0.09	0.03	0.02	0.17	0	0.14	0.17
42	0.03	0.07	0.05	0.03	0.04	0.07	0.03	0.12	0	0.04	0.12	0.08	0	0.04	0.05
43	0.16	0.04	0	0.09	0.04	0.08	0.03	0.01	0.06	0.05	0.05	0.07	0.04	0.07	0.1
44	0.13	0.14	0.12	0.14	0.15	0.16	0.07	0.65	0.07	0.08	0	0.12	0.18	0.14	0.2
45	0.07	0.06	0.41	0.27	0.26	0.24	0.22	0.49	0.18	0.24	0.12	0.1	0.06	0.13	0.18

Table 13은 설문 응답자의 개개인을 기준으로 일관성 비율을 분석하였고 Table 14는 거푸집공사에 포함된 세부공종에 대한 설문의 응답자들의 일관성 비율을 나타낸 것이다. 거푸집공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 23부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 23부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다.

Table 14 Consistency Ratio result of survey for Form work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.06	0.07	0.04	0.11	0.02	0.09	0.12	0.29	0.24
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.07	0.15	0.14	0.03	0.10	0.21	0.07	0.14	0.14
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.03	0.04	0.17	0.16	0.11	0.24	0.04	0.12	0.31
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.04	0.07	0.03	0.22	0.03	0.21	0.12	0.06	0.07
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.11	0.09	0.18	0.07	0.18	0.07	0.04	0.14	0.06

가설공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 13부인 것으로 나타났다. 거푸집공사에 비해 일관성비율이 0.1이하인 설문지 수가 적게 나타난 이유는 세부항목의 수가 거푸집공사에 비해 많기 때문인 것으로 사료된다.

Table 15 Consistency Ratio result of survey for Temporary work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.18	0.08	0.11	0.17	0.07	0.29	0.10	0.37	0.54
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.28	1.11	0.63	0.23	0.21	0.43	0.20	0.09	0.11
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.38	0.29	0.10	0.10	0.23	0.29	0.10	0.24	0.15
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.05	0.12	0.16	0.12	0.09	0.12	0.25	0.13	0.15
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.25	0.24	0.25	0.04	0.05	0.03	0.16	0.13	0.07

철골공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 15부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 15부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다.

Table 16 Consistency Ratio result of survey for Steel structure work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.34	0.12	0.03	0.22	0.03	0.10	0.15	0.29	0.30
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.58	0.71	0.31	0.09	0.20	0.20	0.92	0.15	0.16
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.05	0.06	0.34	0.32	0.23	0.14	0.04	0.14	0.31
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.09	0.55	0.10	0.17	0.04	0.15	0.08	0.16	0.09
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.80	0.19	0.25	0.08	0.17	0.08	0.07	0.12	0.10

토공사 및 기초공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 15부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 15부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다.

Table 17 Consistency Ratio result of survey for Excavation & Foundation work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.29	0.22	0.06	0.09	0.05	0.11	0.07	0.18	0.37
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.28	0.13	0.27	0.24	0.09	0.32	0.36	0.10	0.10
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.10	0.28	0.09	0.23	0.08	0.16	0.06	0.36	0.50
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.13	0.20	0.24	0.20	0.04	0.31	0.21	0.12	0.16
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.34	0.18	0.19	0.09	0.17	0.05	0.10	0.20	0.18

석/외벽공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 22부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 22부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다.

Table 18 Consistency Ratio result of survey for Exterior wall work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.13	0.13	0.02	0.09	0.15	0.11	0.09	0.15	0.35
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.18	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.04	0.20	0.16
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.10	0.12	0.20	0.14	0.08	0.06	0.03	0.17	0.64
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.04	0.34	0.23	0.36	0.02	0.21	0.02	0.08	0.07
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.14	0.26	0.09	0.10	0.28	0.07	0.08	0.16	0.24

콘크리트공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 25부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 25부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다.

Table 19 Consistency Ratio result of survey for Concrete work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.08	0.06	0.05	0.02	0.05	0.07	0.06	0.51	0.16
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.36	0.20	0.07	0.00	0.11	0.04	0.09	0.08	0.06
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.02	0.09	0.11	0.17	0.15	0.06	0.03	0.14	0.29
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.07	0.68	0.09	0.11	0.03	0.18	0.06	0.18	0.03
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.28	0.18	0.11	0.08	0.14	0.04	0.07	0.14	0.13

설비공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 26부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 26부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 35번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다.

Table 20 Consistency Ratio result of survey for Equipment work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.10	0.05	0.09	0.04	0.06	0.05	0.06	0.22	0.45
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.23	0.09	0.25	0.02	0.25	0.06	0.11	0.08	0.06
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.09	0.10	0.10	0.16	0.22	0.09	0.10	0.03	0.57
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.03	0.34	0.16	0.17	0.04	0.17	0.08	0	0.07
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.15	0.14	0.17	0.03	0.13	0.03	0.03	0.07	0.22

미장, 견출 및 타일공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 22부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 22부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 36번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다.

Table 21 Consistency Ratio result of survey for Plastering & Tile work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.09	0.29	0.17	0	0.05	0.16	0.13	0.23	0.09
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.15	0.21	0.11	0.18	0.14	0.11	0.09	0.16	0.03
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.02	0.03	0.07	0.20	0.07	0.05	0.08	0.17	0.60
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.04	0.23	0.18	0.32	0.04	0.08	0.09	0.14	0
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.06	0.22	0.10	0.04	0.02	0.03	0.09	0.14	0.27

도장공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 22부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 22부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 7번, 32번, 35번, 36번, 37번, 39번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다.

Table 22 Consistency Ratio result of survey for Paint work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.12	0.03	0.03	0.04	0.04	0.44	0	0.23	0.05
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.07	0.05	0.05	0	0.03	0.12	0.07	0.11	0.03
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.07	0.14	0.17	0.10	0.19	0.07	0.15	0.12	0.68
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.06	0.59	0.12	0.24	0	0.14	0.06	0	0
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0	0.03	0	0.03	0.05	0.05	0	0.12	0.41

방수공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 26부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 26부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 20번과 36번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다.

Table 23 Consistency Ratio result of survey for Waterproof work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.26	0.03	0.09	0.06	0.04	0.13	0.07	0.23	0.20
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.07	0.33	0.20	0.07	0.07	0.30	0.08	0.03	0.03
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.05	0	0.07	0.11	0.05	0.09	0.04	0.16	0.58
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.02	0.25	0.12	0.11	0.02	0.17	0.06	0.03	0
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.11	0.04	0.06	0.03	0.05	0.04	0.04	0.15	0.26

철근공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 23부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 23부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 18번, 19번, 34번, 36번, 37번, 40번, 41번, 42번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다.

Table 24 Consistency Ratio result of survey for Rebar work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.10	0.01	0.06	0	0.01	0.18	0.10	0.06	0.06
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.01	0.10	0.04	0.18	0.11	0.13	0.12	0.12	0
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0	0.06	0.10	0.37	0.06	0.04	0.06	0.46	0.78
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.12	0.21	0.08	0.06	0.06	0.14	0	0.25	0
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0	0.06	0.06	0	0	0	0.04	0.18	0.06

조적공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 31부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 31부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 4번, 9번, 35번, 36번, 37번, 40번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다. 조적공사에 포함된 세부공종의 수가 3개의 항목밖에 되지 않았기 때문에 일관성비율이 0.1 이하로 나온 설문지의 수가 타 공종에 비해 많았다.

Table 25 Consistency Ratio result of survey for Brick work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.02	0	0.02	0	0.02	0	0.05	0.03	0
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0	0	0.10	0.07	0.02	0.05	0.05	0.02	0.05
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.05	0.12	0.12
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.05	0.02	0	0.12	0.12	0.03	0.19	0	0
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0	0.03	0.12	0	0.02	0.12	0.05	0	0.12

E/V 공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 17부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 17부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 18번, 32번, 35번, 36번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다. 엘리베이터 공사의 경우도 조적공사와 마찬가지로 세부공종의 수가 3개이었으나 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 17부밖에 되지 않았다. 이는 세부공종에 대한 각 항목별 쌍대비교(Pairwise Comparison)가 제대로 이루어지지 않았기 때문인 것으로 사료된다.

Table 26 Consistency Ratio result of survey for Elevator work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.12	0	0.12	0.12	0.12	0.26	0	0.12	0.21
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.06	0	0.03	0.40	0	0	0	0.06	0
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.52	0.39	0	0	0.12	0	0.01	0.12	0.26
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.19	0.12	0.41	0.26	0	0.49	0	0	0
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0	0.12	0.07	0.12	0.65	0.12	0.01	0.65	0.49

전기(통신)공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 25부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 25부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 18번, 36번, 40번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다.

Table 27 Consistency Ratio result of survey for Electric work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.11	0.21	0.05	0.03	0.06	0.09	0.07	0.34	0.07
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.22	0.12	0.08	0	0.03	0.27	0.09	0.04	0
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.01	0.15	0.16	0.07	0.19	0.05	0.07	0.17	0.54
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.03	0.56	0.33	0.09	0.04	0.17	0	0.07	0
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.23	0.20	0.05	0	0.03	0.04	0.05	0.08	0.24

유리 및 창호공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지는 총 45부 중에 22부인 것으로 나타났다. 세부공종에 대한 위험지수의 산출은 일관성 비율이 0.1이하로 나타난 22부의 설문지에 대해서만 분석을 실시하였다. 설문지 번호 18번의 경우에는 일관성 비율이 0으로서 가장 이상적인 답변을 한 것으로 나타났으나, 설문지를 상세히 검토한 결과 세부공종의 각 항목들의 가중치 값이 동등한 것으로만 표기하였으므로 제외시켰다.

Table 28 Consistency Ratio result of survey for Window & Door work

응답자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
일관성비율(CR)	0.12	0.08	0	0.03	0.03	0.09	0.17	0.07	0.48
응답자	10	11	12	13	14	15	16	17	18
일관성비율(CR)	0.25	0.19	0.05	0	0.20	0.52	0.09	0.17	0
응답자	19	20	21	22	23	24	25	26	27
일관성비율(CR)	0.09	0.18	0.15	0.08	0.14	0.24	0.02	0.14	0.57
응답자	28	29	30	31	32	33	34	35	36
일관성비율(CR)	0.05	0.28	0.04	0.16	0.08	0.19	0.01	0.03	0.14
응답자	37	38	39	40	41	42	43	44	45
일관성비율(CR)	0.37	0.20	0.15	0.03	0.09	0	0.06	0.07	0.18

15개의 공종에 포함된 세부공종에 대한 일관성 비율을 피설문자의 직종별로 살펴보면, 현장소장은 24명이 설문에 응답하였으며 15개 공종에 대해 피설문자 24명이 각각 응답하였으므로 총 응답한 문항은 360개이다. 이에 일관성 비율이 0.1 이하로 나타난 문항은 총 360개의 문항 중에서 158개(44%)로 나타났다. 안전관리자는 16명이 설문에 응답하였으며 15개 공종에 대해 피설문자 16명이 각각 응답하였으므로 240문항이며, 일관성 비율이 0.1 이하로 나타난 문항은 126개(52.5%)개로 나타났다. 응답자 참여율이 가장 낮은 건설관련 기술사는 5명이 설문에 응답하였으며 총 응답한 문항은 75개이며, 일관성 비율이 0.1 이하로 나타난 문항은 43개(57%)로 나타났다. 설문 응답자들의 일관성 비율을 살펴본 결과 응답자 수가 가장 많았던 현장소장이 가장 낮은 일관성 비율을 나타내었고, 다음으로 안전관리자, 건설관련 기술사인 것으로 나타났다.

Table 29 Result of total respondent to Consistency Ratio

구 분 / 직 종	설문참여 인원수 (인)	총 설문 응답 문항수 (개)	AHP 분석가능한 설문 문항수 (CR이 0.1이하인 설문 문항수)
현장소장	24	360	158(44%)
안전관리자	16	240	126(52.5%)
건설관련 기술사	5	75	43(57%)

5.2.2 건축공사 세부공종에 대한 위험지수 분석방법

5.2.1절에서는 세부공종에 대한 일관성 비율을 분석하였으며, 이를 토대로 일관성 비율이 0.1이하인 설문지만을 대상으로 위험지수를 분석하였으며, 분석을 위해 Expert Choice Program을 사용하였다.

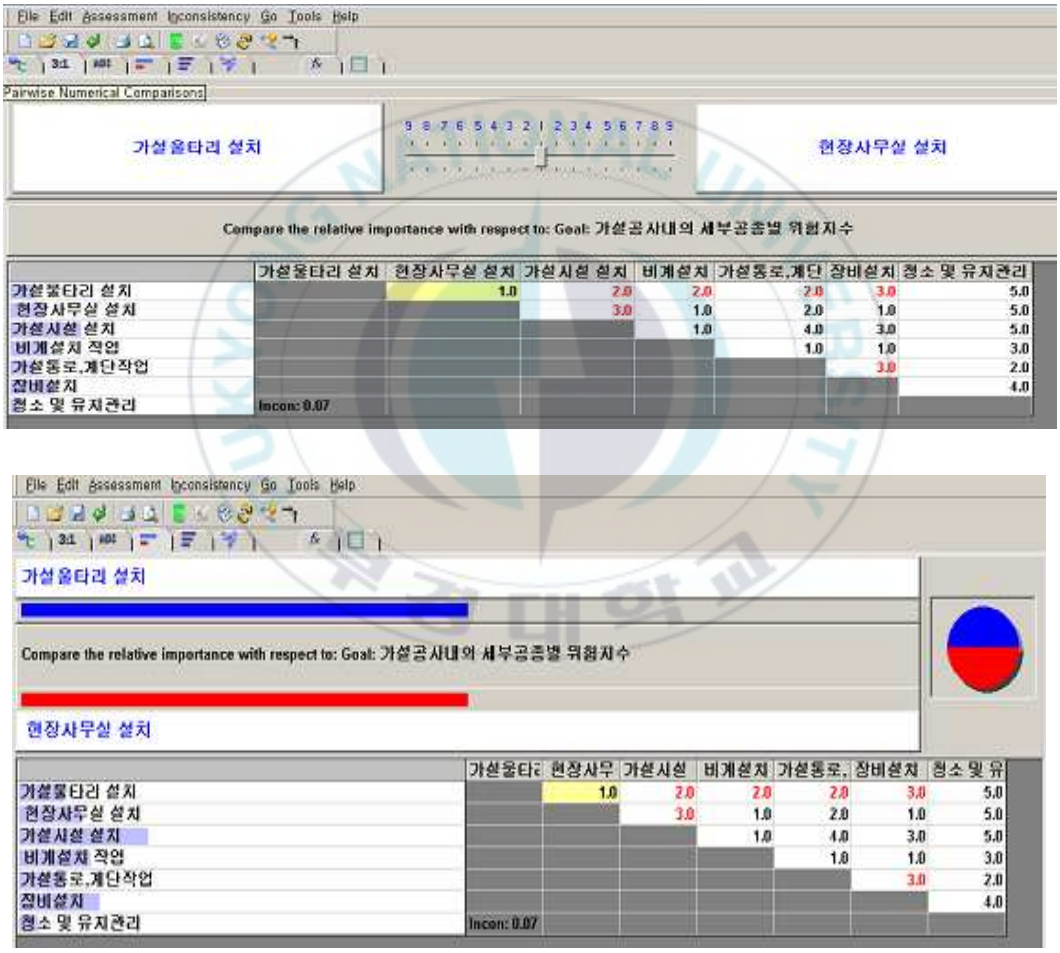

Fig. 9 Pairwise comparison of subdivided work type using Expert choice program

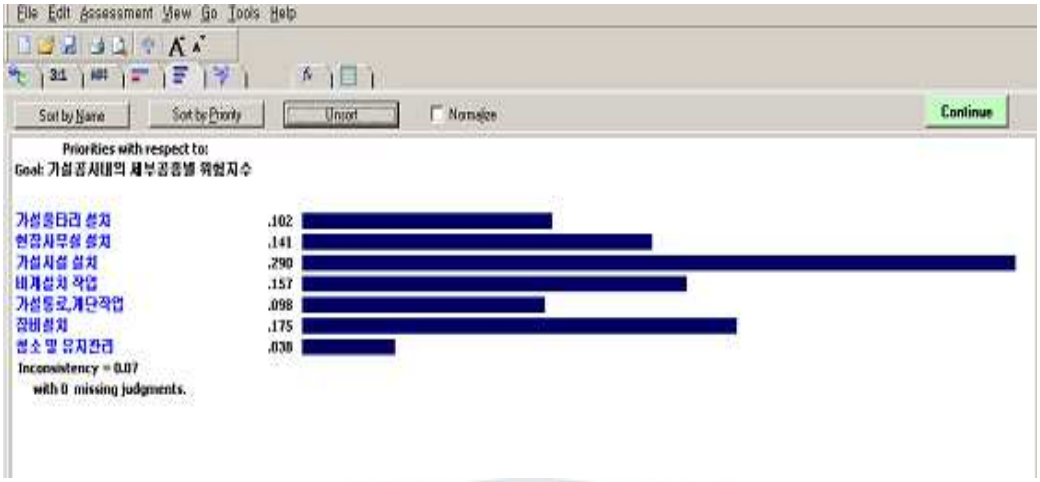

Fig. 10 Risk index of subdivided work type using Expert choice program

먼저, Fig. 9와 같이 건축공사의 공종 내에 포함된 세부공종들을 두 개씩 쌍대비교를 통해 위험정도를 결정한다. 쌍대비교를 통해 각 세부공종들에 대한 위험지수가 Fig. 10과 같이 산출된다. 하지만, 산출된 위험지수에 대한 일관성 비율(Consistency Ratio)이 0.1이하이여만 하므로 이에 해당되는 것만 세부공종별 위험지수를 산출하는데 사용하였다.

5. 3 건축공사 세부공종에 대한 위험지수 산출

거푸집공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 23부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 11과 같이 나타났다. 거푸집공사의 세부공종 중 거푸집 인양작업의 위험지수가 0.27로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 거푸집 해체, 거푸집 설치, 각재운반 및 가공, 이동이 각각 0.22, 0.20, 0.17, 0.07 로 나타났고, 청소 및 정리정돈 작업이 위험지수가 가장 낮은 0.06의 위험지수로 분석되었다. 즉, 거푸집공사의 세부공종에서 인양작업의 위험지수가 가장 높게 나타난 것은 건축공사의 대형화로 인해 거푸집의 크기가 인력운반에서 양중운반으로 바뀌고, 거푸집 자체의 크기도 대형화 되어 인양 중 발생되는 재해의 위험지수가 높은 것으로 판단된다.

、

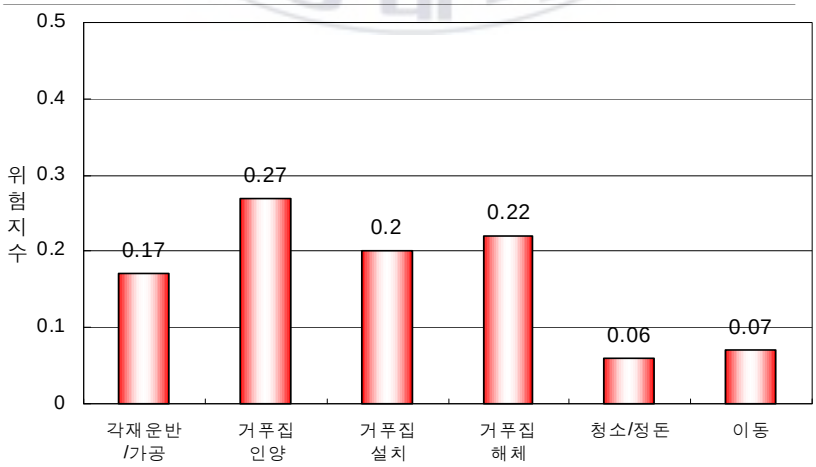

Fig. 11 Risk index of subdivided work in Form work

가설공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 12부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 12와 같이 나타났다. 가설공사의 세부공종 중 비계 설치작업의 위험지수가 0.24로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 가설통로 및 계단 작업, 현장사무실 설치작업, 가설시설 설치작업, 가설울타리설치작업 그리고 장비설치작업이 각각 0.24, 0.15, 0.14, 0.14, 0.13, 0.13로 나타났으며 비계 설치작업의 위험지수를 제외하고 나머지 5개 세부공종의 위험지수는 비슷한 것으로 나타났다. 그리고 청소 및 유지관리의 위험지수는 0.07로 나타나 가설공사 내의 다른 세부공종에 비해 위험지수가 낮은 것으로 분석되었다. 가설공사 내의 세부공종 중 비계설치 작업의 위험지수가 높게 나타난 것은 고소작업이 많고 대부분 인력 의존도가 높기 때문인 것으로 판단된다.

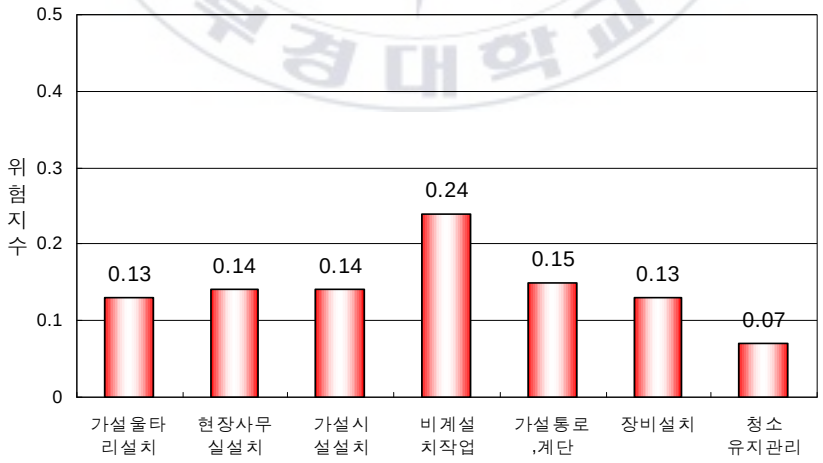

Fig. 12 Risk index of subdivided work in Temporary work

철골공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 15부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 13과 같이 나타났다. 철골공사의 세부공종 중 철골해체 작업, 철골부재/용접/볼트 작업, 철골부재 현장시공 작업의 위험지수가 각각 0.25, 0.21, 0.20으로 타 공종에 비해 높게 나타났으며, 다음으로 철골부재 운반 작업이 0.18로 나타났다. 철골공사 중 이동과 철골 내화피복 작업은 다른 세부공종에 비해 위험지수가 비교적 낮은 0.08로 분석되었다. 철골공사 내의 철골해체 작업의 위험지수가 높게 나타난 것은 작업자체가 고소작업이고 안전지지대 및 안전그물망 등을 제거하는 과정에서의 안전조치가 미비하기 때문인 것으로 판단된다.

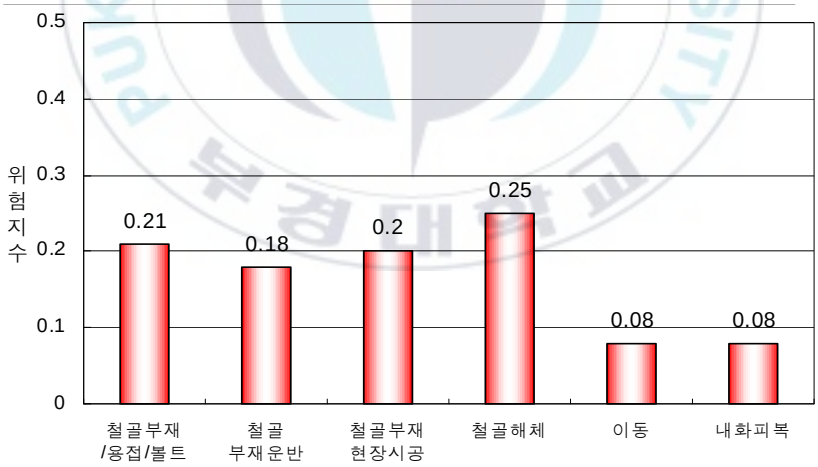

Fig. 13 Risk index of subdivided work in Steel structure work

토공사 및 기초공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 15부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 14와 같이 나타났다. 토공사 및 기초공사의 세부공종 중 흙막이 시설의 해체작업의 위험지수가 0.18로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 흙막이 가시설 작업, 흙막이 공사, 장비관리, 지정 및 기초공사, 자재운반, 터파기 및 배수 작업에 대한 위험지수가 각각 0.16, 0.15, 0.11, 0.11, 0.10, 0.10 으로 나타났으며 흙막이 시설 해체작업의 위험지수를 제외하고 나머지 6개 세부공종의 위험지수는 비슷한 것으로 나타났다. 그리고 청소 및 정리정돈과 이동의 위험지수는 각각 0.07과 0.08로 나타나 토공사 및 기초공사 내의 다른 세부공종에 비해 위험지수가 낮은 것으로 분석되었으며, 타 공종과 달리 위험지수의 크기가 비교적 높게 나타난 세부공종은 없고 대부분의 위험도가 고르게 나타났다.

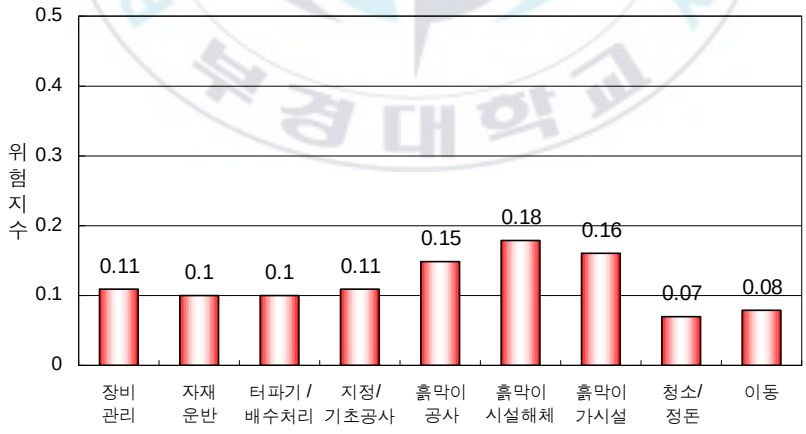

Fig. 14 Risk index of subdivided work in Excavation & Foundation work

석/외벽공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 22부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 15와 같이 나타났다. 석/외벽공사의 세부공종 중 돌붙이기 및 트러스패널 설치작업의 위험지수가 0.24로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 견출 및 할석작업, 자재 반입 및 적재작업, 줄눈처리 코킹 작업 그리고 운반작업이 각각 0.21, 0.16, 0.16, 0.14로 나타났으며 돌붙이기 및 트러스 패널 설치작업의 위험지수를 제외하고 나머지 4개의 세부공종의 위험지수는 비슷한 것으로 나타났다. 그리고 이동의 위험지수는 0.08로 나타나 석/외벽공사 내의 다른 세부공종에 비해 위험지수가 낮게 나타났다.

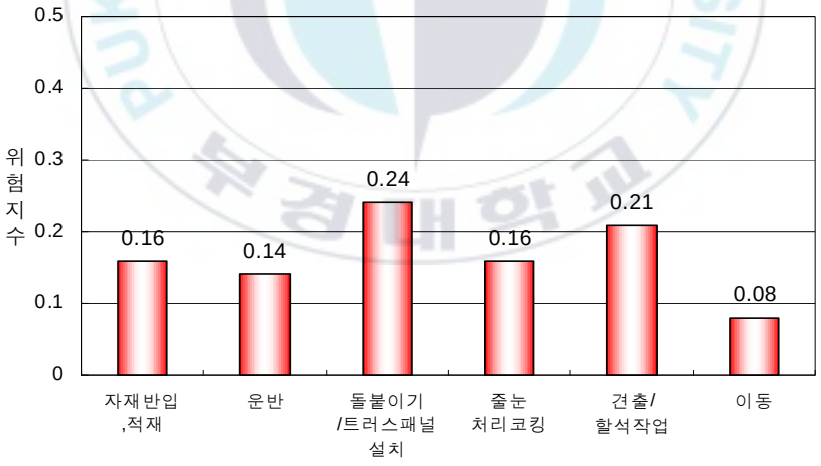

Fig. 15 Risk index of subdivided work in Exterior wall work

콘크리트공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 25부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 16과 같이 나타났다. 콘크리트공사의 세부공종 중 장비이동, 해체작업과 콘크리트타설 작업의 위험지수가 각각 0.33과 0.29로 다른 세부공종에 비해 높게 나타났으며, 다음으로 면 정리 작업, 보양작업, 이동 그리고 청소 및 정리정돈의 위험지수가 각각 0.13, 0.10, 0.08, 0.07로 분석되었다. 콘크리트 공사는 실제 작업 자체의 위험도 보다는 작업을 준비하고 마무리하는 과정에서의 부주의로 인한 재해의 위험도가 큰 것으로 나타났다.

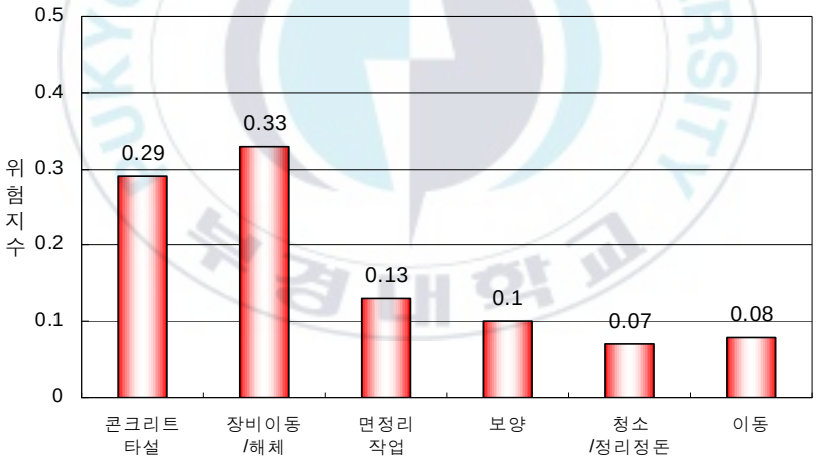

Fig. 16 Risk index of subdivided work in Concrete work

설비공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 26부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 17과 같이 나타났다. 설비공사의 세부공종 중 배관설치작업, 장비설치 및 관리 작업, 주차설비작업의 위험지수가 각각 0.22, 0.22, 0.20으로 타 공종에 비해 높게 나타났으며, 다음으로 자재반입 및 적재 작업과 기구 설치 작업이 각각 0.13으로 나타났다. 설비공사 중 시험 및 보온 작업은 다른 세부공종에 비해 위험지수가 비교적 낮은 0.09로 분석되었다.

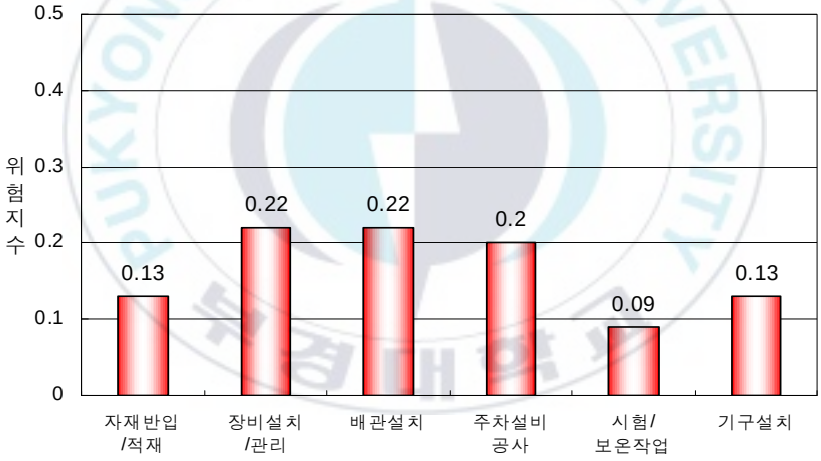

Fig. 17 Risk index of subdivided work in Equipment work

미장, 견출 및 타일공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 22부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 18과 같이 나타났다. 미장, 견출 및 타일공사의 세부공종 중 재료반입 및 적재작업의 위험지수가 0.24로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 바탕처리작업, 작업준비, 배합 및 비빔작업, 바름/타일붙이기 작업, 작업 중 이동이 각각 0.16, 0.14, 0.13, 0.13, 0.11로 나타났으며 재료반입 및 적재작업의 위험지수를 제외하고 나머지 5개의 세부공종의 위험지수는 비슷한 것으로 나타났다. 그리고 청소 및 정리정돈의 위험지수는 0.09로 나타나 미장, 견출 및 타일공사 내의 다른 세부공종에 비해 위험지수가 낮게 나타났다. 미장, 견출 및 타일공사의 경우 건물 내에서 작업이 대부분 이루어지는 특성으로 인해, 주변의 개구부 등의 덮개에 대한 안전조치 미비와 가설전등을 제대로 설치하지 않을 경우 재료를 반입하고 적재하는 과정에 발생되는 재해의 위험성이 큰 것으로 판단된다.

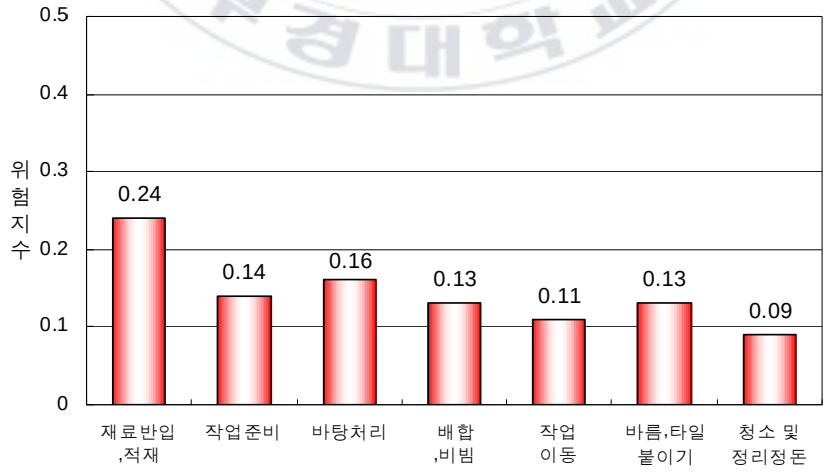

Fig. 18 Risk index of subdivided work in Plastering & Tile work

도장공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 22부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 19와 같이 나타났다. 도장공사의 세부공종 중 칠하기 작업의 위험지수가 0.32로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 작업 중 이동, 작업준비, 보양작업 그리고 청소 및 정리정돈이 각각 0.24, 0.17, 0.16, 0.11로 분석되었다. 도장작업 내에서 칠하기 작업은 작업특성상 대부분이 고소작업이고 작업 중 사용되는 달비계의 상부 로프 고종 미비 또는 수직용 안전벨트 미착용, 작업발판 또는 말비계의 설치 불량으로 인해 중대재해의 위험지수가 높게 나타난 것으로 판단된다.

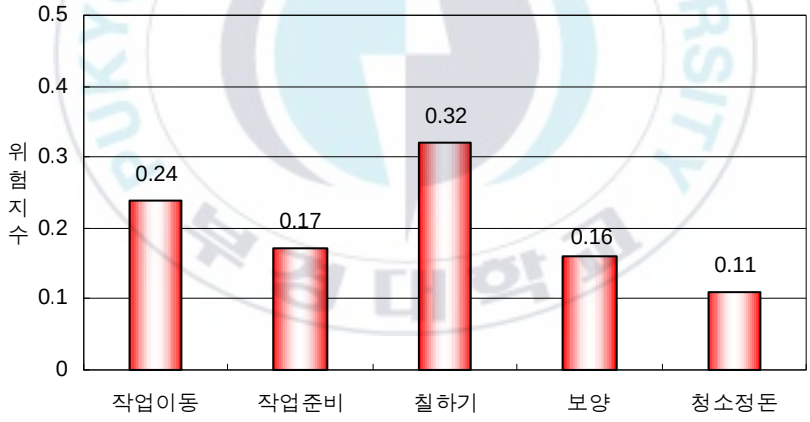

Fig. 19 Risk index of subdivided work in Paint work

방수공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 26부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 20과 같이 나타났다. 방수공사의 세부공종 중 자재반입 및 적재작업, 바탕면 처리작업, 방수작업의 위험지수가 각각 0.21, 0.20, 0.19로 다른 세부공종에 비해 높게 나타났으며, 다음으로 이동과 방수액도포 작업이 각각 0.14로 나타났다. 방수공사 중 청소 및 정리정돈은 다른 세부공종에 비해 위험지수가 비교적 낮은 0.11로 분석되었다.

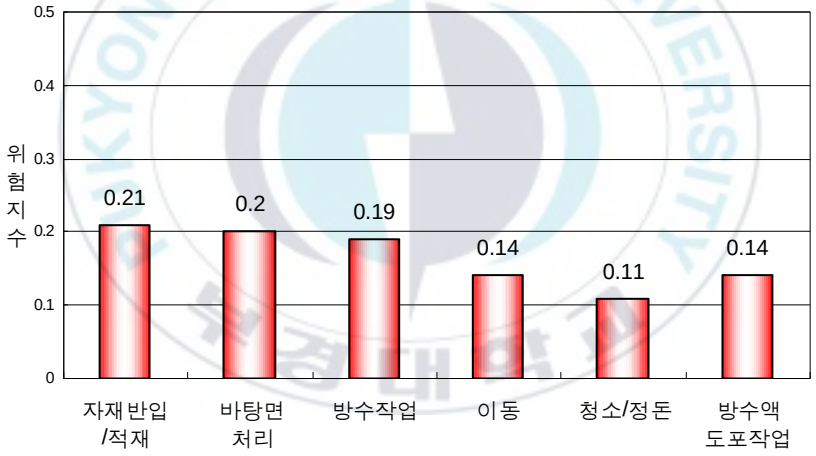

Fig. 20 Risk index of subdivided work in Waterproof work

철근공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 23부로 나타났으며, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 21과 같이 나타났다. 철근공사의 세부공종 중 철근반입 및 운반 작업의 위험지수가 0.32로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 철근보강 작업, 철근조립 및 배근 작업 그리고 철근가공 작업의 위험지수가 각각 0.24, 0.23, 0.21로 나타났다. 철근작업의 세부공종 중에서 철근반입 및 운반 작업의 위험지수가 높게 나타난 것은 철근작업 자체의 위험성 보다는 철근의 무게와 길이가 크고, 철근 자재 인양 중 인양로프 파단으로 인양중인 철근낙하, 유도자 미 배치 상태로 철근 하역 작업 중 철근에 충돌과 철근 운반 중 통로 장애물에 걸려 넘어짐 등에 의한 재해가 많이 발생하기 때문인 것으로 판단된다.

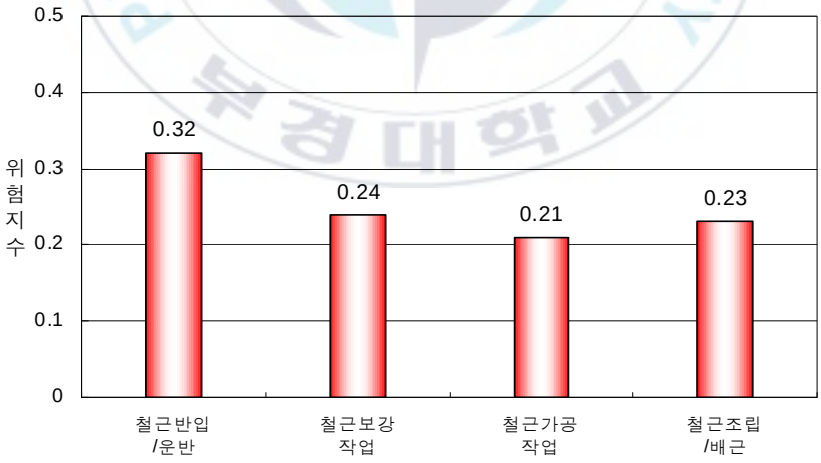

Fig. 21 Risk index of subdivided work in Rebar work

조적공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 31부이었고, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 22와 같이 나타났다. 조적공사는 타 공종에 비해 세부공종의 수가 적기 때문에, 각 세부공종의 위험지수가 타 공종의 세부공종 보다 높게 나타났다. 분류된 세부공종 3개 중에서 운반 작업의 위험지수가 0.47로서 가장 높게 나타났고 쌓기 작업 및 청소 및 정리정돈이 각각 0.36과 0.17로 분석되었으며, 운반 작업의 위험지수가 높게 나타난 것은 리프트 탑승구에서 리어카로 벽돌 운반 중 발생되는 재해의 위험성이 크고 지게차로 블록 인양 및 운반 중 지게차 충돌에 의한 재해의 위험성이 크기 때문인 것으로 판단된다.

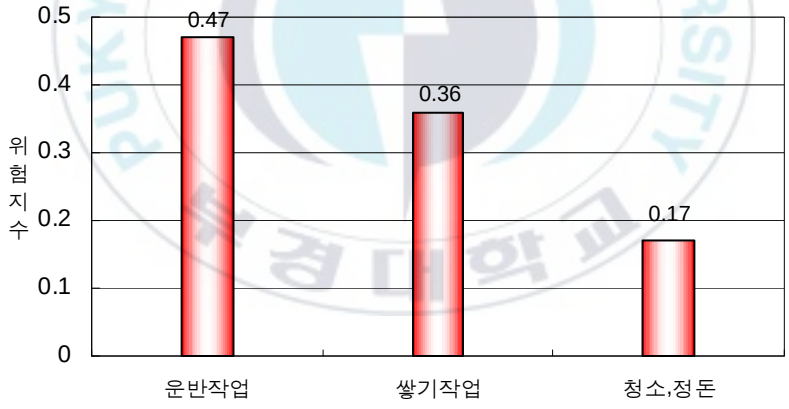

Fig. 22 Risk index of subdivided work in Brick work

E/V공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 17부였고, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 23과 같이 나타났다. E/V공사도 조적공사와 마찬가지로 타 공종과 비교해서 세부공종의 수가 적어서 3개의 세부공종의 위험지수가 비교적 높았다. 조적공사의 경우 일관성 비율이 0.1이하인 설문지가 31부로 비교적 많은 편이었으나, E/V공사의 경우 17부 밖에 되지 않았다. E/V공사의 세부공종에는 설치작업, 피트내부작업 그리고 E/V 시험 및 검사작업으로 분류되며, 각각의 위험지수는 0.46, 0.44, 0.10으로 분석되었으며, E/V 설치작업과 피트내부 작업의 위험지수가 비교적 높게 나타난 것은 작업 중 발생될 수 있는 추락에 대한 안전조치 미비와 근로자의 안전인식의 부족으로 인해 작업의 위험성이 큰 것으로 판단된다.

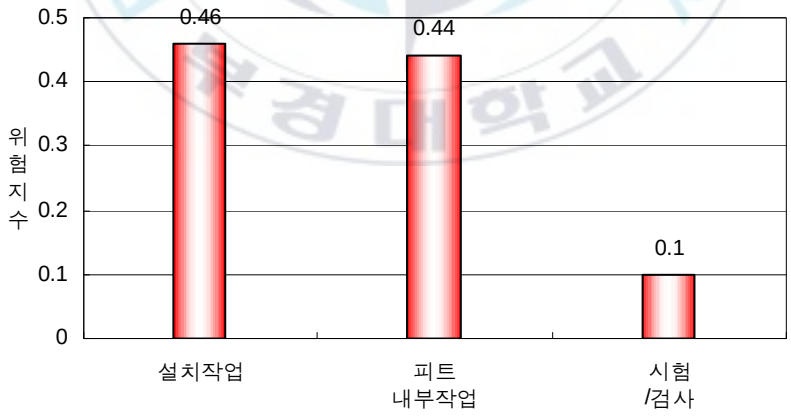

Fig. 23 Risk index of subdivided work in Elevator work

전기(통신)공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 25부였고, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 24와 같이 나타났다. 전기(통신)공사의 세부공종 중에서 전기 BOX 설치작업, 전기배관 및 배선작업, 본선인입 및 기구설치작업, 자재 및 설비반입 작업의 위험지수가 각각 0.24, 0.23, 0.22, 0.20 이었고, 작업 중 이동은 다른 세부공종에 비해 위험지수가 비교적 낮은 0.10으로 나타났다. 전기(통신)공사 내의 세부공종 중에서 BOX 설치의 위험지수가 높게 나타난 것은 충전부의 감전 예방을 위한 울타리 및 출입금지 조치 등의 안전조치 미비와 전기 안전담당자를 지정하지 않거나 주기적 점검 이상 유무 확인 등의 조치가 미비하기 때문인 것으로 판단된다.

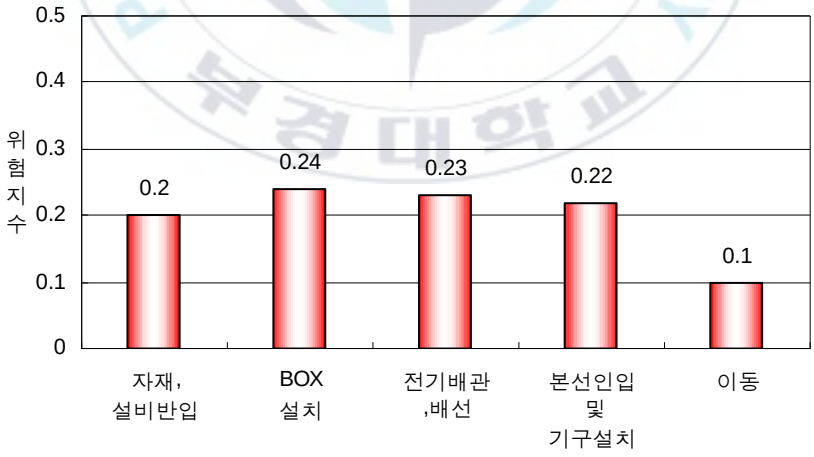

Fig. 24 Risk index of subdivided work in Electric work

유리 및 창호공사의 세부공종에 대한 설문을 실시한 결과, 일관성비율이 0.1이하인 설문지 22부였고, 각 세부공종에 대한 위험지수는 Fig. 25와 같이 나타났다. 유리 및 창호공사의 세부공종 중 설치작업의 위험지수가 0.32로 다른 세부공종에 비해 가장 높았고, 다음으로 운반 작업과 코킹 작업이 각각 0.25, 0.22로 나타났다. 작업 중 이동과 청소 및 정리정돈은 다른 세부공종에 비해 위험지수가 비교적 낮은 0.11과 0.10으로 각각 나타났다. 유리 및 창호공사는 대부분 고소작업이 많기 때문에 작업 자체의 위험성이 타 공종에 비해 높고 세부공종 중에서 설치작업의 위험지수가 높게 나타난 것은 설치작업 자체가 타 세부공종과는 달리 추락의 위험도가 높고 이에 대비할 수 있는 안전그물망 및 작업발판 등의 안전조치의 미비 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 25 Risk index of subdivided work in Window & Door work

5.4 건축공사 공종별 위험지수를 고려한 세부공종 위험지수

4장에서는 건축공사의 공종별 위험지수를 산출하기 위해 공사에 투입된 작업인원과 작업 기간 그리고 14년(1992~2005)동안 건축공사의 공종별로 발생된 중대재해의 수를 토대로 식 (2)를 이용하여 산출하였다. 5.1절에서는 건축공사의 각 공종별로 포함된 세부공종에 대한 위험지수를 산출하기 위해 건설현장에서 근무하고 있는 현장소장, 안전관리자 그리고 건설관련 기술사를 대상으로 설문을 실시하였고, AHP 기법을 이용하여 각 세부공종별로 위험지수를 산출하였다. 설문에 응답한 현장소장, 안전관리자 그리고 건설관련 기술사들은 건설업에 대부분 10년 이상 종사한 자들로서 세부공종에 대한 위험지수를 도출하는데 적합한 설문대상이었다.

건축공사의 공종별 위험지수와 세부공종별 위험지수를 곱하는 방법으로 식 (3)과 같이 최종적인 위험지수를 구했고, 그 결과는 Table 30과 같이 나타났다.

건축공사 위험지수 = 건축공사의 공종별 위험지수 × 세부공종별 위험지수 ……(3)

Table 30을 살펴보면, 위험지수가 가장 높게 나타난 세부공종은 철골공사의 철골해체 작업으로서 위험지수가 0.08925를 나타내고 있다. 다음으로 철골공사에 포함된 세부공종으로 철골부재 용접작업 및 볼트 작업이 0.07497로서 2번째로 위험지수가 크게 나타났고, 철골부재 현장시공 작업이 0.0714, 철골부재 운반 작업이 0.06462로 나타났다. 그 다음으로는 조적공사 중 운반 작업의 위험지수가 0.04747로서 5번째로 위험한 세부공종으로 나타났다. 14년 동안 건축공사에서 발생된 2,144건의 중대재해 중에서 약 16%를 차지하며 338건의 높은 재해율을 나타낸 거푸집 공사에 대한 세부공종들의 위험지수 및 위험순위를 살펴보면, 거푸집 인양작업이 총 84개의 세부공종 중에서 44번째로 위험한 공종으로 나타났으며 위험지수는 0.00486이었다. 거푸집 공사의 세부공종 중에서 나머지 공종을 살펴보면 각재운반 및 가공 작업, 거푸집 설치작업, 거푸집 해체작업, 거푸집 공사 중 청소 및 정리정돈 그리고 작업 중 이동에 대한 위험지수가 각각 0.00306, 0.00360, 0.00396, 0.00108, 0.00126로서 위험지수 크기가 총 84개의 세부공종 중에서 각각 54번, 48번, 47번, 80번 그리고 79번으로 나타났다. 이는 거푸집 공사에 투입되는 작업인원 및 작업기간에 비례한 작업강도가 타 공종에 비해 낮기 때문인 것으로 판단된다.

Table 30 Final Risk Index of architectural construction work

공종분류 및 공종별 위험지수	위험지수	세부공종	최종 위험지수	위험순위
거푸집공사 (0.018)	0.17	각재운반/가공	0.00306	54
	0.27	거푸집인양	0.00486	44
	0.20	거푸집설치	0.00360	48
	0.22	거푸집해체	0.00396	47
	0.06	청소/정돈	0.00108	80
	0.07	이동	0.00126	79
가설공사 (0.108)	0.13	가설울타리	0.01404	20
	0.14	현장사무실설치	0.01512	16
	0.14	가설시설설치작업	0.01512	16
	0.24	비계설치작업	0.02592	9
	0.15	가설통로/계단	0.01620	15
	0.13	장비설치	0.01404	20
	0.07	청소정돈/유지관리	0.00756	28
철골공사 (0.357)	0.21	철골부재 공작/용접/볼트	0.07497	2
	0.18	철골부재운반	0.06426	4
	0.20	철골부재현장시공	0.07140	3
	0.25	철골해체	0.08925	1
	0.08	이동	0.02856	7
	0.08	내화피복	0.02856	7
토공사 및 기초공사 (0.032)	0.11	장비관리	0.00352	50
	0.10	자재운반	0.00320	52
	0.10	터파기 및 배수처리	0.00320	52
	0.11	지정 및 기초공사	0.00352	50
	0.15	흙막이 공사	0.00480	45
	0.18	흙막이시설해체	0.00576	40
	0.16	흙막이 가시설	0.00512	43
	0.07	청소, 정돈	0.00224	63
	0.08	이동	0.00256	10
석/외벽공사 (0.038)	0.16	자재반입, 적재	0.00608	36
	0.14	운반	0.00532	41
	0.24	돌 붙이기/트러스 및 패널설치	0.00912	24
	0.16	줄눈처리 코킹	0.00608	36
	0.21	견출/할석작업	0.00798	27
	0.08	이동	0.00304	55
콘크리트공사 (0.074)	0.29	콘크리트 타설	0.02145	12
	0.33	장비이동/해체	0.02442	11
	0.13	면 정리 작업	0.00962	23
	0.10	보양	0.00740	29
	0.07	청소/정돈	0.00518	42
	0.08	이동	0.00592	39

※ 최종위험지수 계산 예 : 거푸집공사의 거푸집인양작업의 최종위험지수

0.018×0.27 = **0.00486**

Table 30 Final Risk Index of architectural construction work(continue)

공종분류 및 공종별 위험지수	위험 지수	세부공종	최종 위험지수	위험순위
설비공사 (0.068)	0.13	자재(재료)반입/적재	0.00884	25
	0.22	장비 설치/관리	0.01496	18
	0.22	배관설치	0.01496	18
	0.20	주차설비공사	0.01360	22
	0.09	시험/보온작업	0.00612	35
	0.13	기구설치	0.00884	25
미장, 견출 및 타일공사 (0.015)	0.24	재료 반입, 적재	0.01632	14
	0.14	작업준비	0.00210	65
	0.16	바탕처리	0.00240	61
	0.13	배합, 비빔	0.00195	68
	0.11	작업이동	0.00165	71
	0.13	바름, 타일붙이기	0.00195	68
	0.09	청소, 정돈	0.00135	77
도장공사 (0.034)	0.24	작업이동	0.00360	48
	0.17	작업준비	0.00255	60
	0.32	칠하기	0.00480	45
	0.16	보양	0.00240	61
	0.11	청소/정돈	0.00165	71
철근공사 (0.007)	0.32	철근반입/운반	0.00224	63
	0.24	철근보강작업	0.00168	70
	0.21	철근가공	0.00147	76
	0.23	철근조립/배근	0.00161	73
전기(통신)공사 (0.030)	0.20	자재, 설비반입/적재	0.00600	38
	0.24	BOX설치	0.00720	31
	0.23	전기배관, 배선(전선관 설치)	0.00690	33
	0.22	본선인입 및 기구/기기설치	0.00660	34
	0.10	이동	0.00300	56
E/V 공사 (0.016)	0.46	설치	0.00736	30
	0.44	피트내부 작업	0.00704	32
	0.10	시험/검사	0.00160	74
유리 및 창호공사 (0.004)	0.25	운반	0.00100	81
	0.32	설치	0.00128	78
	0.22	코킹	0.00088	82
	0.10	청소/정돈	0.00040	84
	0.11	이동	0.00044	83
조적공사 (0.101)	0.47	운반	0.04747	5
	0.36	쌓기	0.03636	6
	0.17	청소, 정돈	0.01717	13
방수공사 (0.014)	0.21	자재반입/적재	0.00294	57
	0.20	바탕면 처리	0.00280	58
	0.19	방수작업	0.00266	59
	0.14	이동	0.00196	66
	0.11	청소/정돈	0.00154	75
	0.14	방수액도포작업	0.00196	66

6. 결 론

본 연구에서는 건축공사에서 발생된 중대재해사례를 대상으로 각 공종 및 세부공종에 대한 위험성을 정량적으로 분석하고자 하였다. 현재까지 건축공사의 공종에 대한 연구들은 대부분 위험에 대한 개념의 소개와 위험발생 확률론적 분석을 기초로 그 필요성과 유용성에 대해 주장하였지만, 그 적용에 있어서는 많은 한계점을 가지고 있었다. 따라서 본 연구에서는 기존 연구들에서 이용한 확률론적 분석을 바탕으로 건축공사 공종별 위험지수를 산출하기 위한 식을 제안하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본 연구에서 개발된 위험지수 산출 식을 통해 건축공사 공종별 위험지수를 분석한 결과, 철골공사, 가설공사, 조적공사, 양중공사, 콘크리트공사의 위험지수가 각각 0.357, 0.108, 0.101, 0.082, 0.074로 나타나 비교적 다른 공종에 비해서 위험지수가 높은 공종으로 분류되었다.
2) 철골작업의 경우 실질적으로 건축공사의 전 공종에서 차지하는 비율은 크지 않지만 작업투입인원 및 기간에 비례한 위험지수는 매우 높은 것으로 나타났다. 하지만, 중대재해건수가 가장 많았던 거푸집공사의 경우는 작업투입인원 및 기간에 비례한 위험지수는 0.018로서 22개 공종 중 13번째인 것으로 나타났다. 이는 매년 발생되는 공종별 재해사례 및 사망자수 등

단순히 나타난 통계적 수치만으로는 작업의 위험성을 제대로 파악할 수 없음을 나타내는 것으로 건축공사의 공종별 위험성 평가를 위해 통계적 수치 이외에도 각 공종별 작업량에 대한 부분의 고려가 필요할 것으로 판단된다.

3) AHP를 이용하여 선행연구에서 나타난 공종별 위험지수와 본 연구에서 개발한 위험지수 산출모델을 통해 나타난 공종별 위험지수를 Wilcoxon scores 분석을 실시한 결과 각 Group 1, 2, 3의 p 값이 0.3379, 0.6544, 0.2257로 0.05보다 큰 것으로 나타나 위험지수 산출식에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있는 것으로 나타났다.

4) 건축공사의 22개 공종에 포함된 세부공종의 위험지수를 구하기 위하여 건설현장소장, 건설관련 기술사 그리고 안전관리자를 대상으로 설문을 실시하여 AHP기법을 통해 설문을 분석한 결과 84개의 세부공종에 대한 위험지수를 각각 도출하였다.

5) 본 연구에서 제안한 방법과 AHP 기법을 통해 각각 제시된 세부공종 위험지수를 이용하여 건축공사 공종별 위험지수를 산출하였다. 위험지수를 분석한 결과 철골공사에 포함된 세부공종 중 철골 해체 작업의 위험지수가 0.08925로 가장 높게 나타났고, 유리 및 창호공사의 세부공종 중 청소 및 정리정돈 작업으로 위험지수는 0.0004로 가장 낮게 나타났다.

본 연구에서는 건축공사의 공종별 위험지수를 산출하기 위한 식을 제안하였다. 이를 위해 중대재해사례와 공종별 작업투입인원 및 작업기간을 조사 및 분석 하였으며, 건설관련 전문가를 대상으로 AHP기법을 활용하였다.

건축공사 공종별 위험지수 산출 식에 필요한 중대재해는 매년 발생되는 사례 및 건수를 토대로 활용할 경우 공종별 위험지수를 파악하는데 유용할 것으로 판단된다. 하지만, 건축공사의 종류에 따라 투입되는 작업인원 및 작업기간은 상이하므로 아파트 공사이외의 건축공사에 소요되는 작업량에 대한 데이터 확보를 통해 본 연구에서 제시된 공종별 위험지수 산출 식에 탄력적으로 반영되어야 할 것이다.

본 연구에서는 건축공사에서 발생된 중대재해를 대상으로 공종별 위험지수를 산출하였으나, 건축공사이외에 토목공사, 산업설비공사 등에 대한 공사 및 재해관련 자료가 충분히 확보된다면 위험지수 산출 식에 적용하는 것도 가능할 것으로 사료된다.

부록 Ⅰ AHP를 이용한 건축공사 공종별 위험지수 산출을 위한 설문

AHP를 이용한 건축공사 공종별 위험지수 산출을 위한 설문

본 설문조사의 목적은 건축공사의 공종별 위험도를 산출하기 위한 것으로 설문내용 중에 제시된 내용으로 건축공사의 공종별 위험도를 정량화하기 위해 전문가인 여러분들의 의견을 듣고자 합니다.

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

다소 번거롭더라도 부디 끝까지 읽으시고 설문지를 작성하여 주시면 감사하겠습니다.

귀 현장의 무재해와 귀하의 앞날에 무궁한 발전이 있으시길 충심으로 기원합니다.

부경대학교 건설안전연구실

설문조사에 앞서 아래 내용을 한번 읽으시고 설문에 응해주시기 바랍니다.

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

(예)"가설공사는 콘크리트공사와 비교하여(　　)위험하다"의 질문에 가설공사의 위험도가 콘크리트공사의 위험도와 비교하여 매우 위험하면 "5"를 기입하고 가설공사의 위험도가 콘크리트공사의 위험도에 1/5에 해당하면 1/5을 기입해야 합니다.

Table 1 위험도의 정량화 측정 단위

"비슷하게"	위험하면	숫자 1	로 답할 것
"약　　간"	위험하면	숫자 3	
"매　　우"	위험하면	숫자 5	
"확 실 히"	위험하면	숫자 7	
"절 대 로"	위험하면	숫자 9	

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

회수된 설문지 예

<문 항 1> 가설공사에서 세부공사에 대한 설문

(참고 : 예를 들어 A가 B보다 약간 위험할 경우 숫자 '3'을 기입하십시오.
만일 반대로 B가 A보다 약간 위험할 경우 '1/3'을 기입하시면 됩니다.
그리고, 숫자 2, 4, 6, 8도 가능하므로, 만일 "매우"와 "확실히"의 중간 정도로 생각되면 5와 7의 중간수인 6으로 답하면 됩니다.)

(1) 가설울타리설치 작업은 현장사무실설치 작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 가설울타리설치 작업은 가설시설 설치작업과 비교하여 (1/7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 가설울타리설치 작업은 비계설치작업 비교하여 (1/9) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 가설울타리설치 작업은 가설통로 및 계단설치작업과 비교하여 (1/7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 가설울타리설치 작업은 장비설치와 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 가설울타리설치 작업은 청소 및 유지관리와 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 현장사무실설치 작업은 가설시설 설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 현장사무실설치 작업은 비계설치작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 현장사무실설치 작업은 가설통로/계단설치 작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 현장사무실설치 작업은 장비설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 현장사무실설치 작업은 청소 및 유지관리작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 가설시설 설치작업은 비계설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 가설시설 설치작업은 가설통로/계단설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 가설시설 설치작업은 장비설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 가설시설 설치작업은 청소 및 유지관리작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(16) 비계설치작업은 가설통로/계단설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(17) 비계설치작업은 장비설치작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(18) 비계설치작업은 청소 및 유지관리작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(19) 가설통로/계단설치작업은 장비설치작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(20) 가설통로/계단설치작업은 청소 및 유지관리작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(21) 장비설치작업은 청소 및 유지관리작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 2> 토공사 및 기초공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 장비관리 작업은 자재운반 작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 장비관리 작업은 터파기 및 배수처리작업과 비교하여 (1/7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 장비관리 작업은 지정 및 기초공사와 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 장비관리 작업은 흙막이공사와 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 장비관리 작업은 흙막이시설해체작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 장비관리 작업은 흙막이 가시설작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 장비관리 작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 장비관리 작업은 공사 중 작업이동과 비교하여 (1/7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 자재운반 작업은 터파기 및 배수처리작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 자재운반 작업은 지정 및 기초공사와 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 자재운반 작업은 흙막이공사와 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 자재운반 작업은 흙막이시설해체작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 자재운반 작업은 흙막이 가시설작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 자재운반 작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 자재운반 작업은 공사 중 작업이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(16) 터파기 및 배수처리작업은 지정 및 기초공사와 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(17) 터파기 및 배수처리작업은 흙막이공사와 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(18) 터파기 및 배수처리작업은 흙막이시설해체작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(19) 터파기 및 배수처리작업은 흙막이 가시설작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(20) 터파기 및 배수처리작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(21) 터파기 및 배수처리작업은 공사 중 작업이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(22) 지정 및 기초공사는 흙막이공사와 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(23) 지정 및 기초공사는 흙막이시설해체작업과 비교하여 (1/2) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(24) 지정 및 기초공사는 흙막이 가시설작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(25) 지정 및 기초공사는 청소 및 정돈작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(26) 지정 및 기초공사는 공사 중 작업이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(27) 흙막이공사는 흙막이시설해체작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(28) 흙막이공사는 흙막이 가시설작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(29) 흙막이공사는 청소 및 정돈작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(29) 흙막이공사는 공사 중 작업이동과 비교하여 (9) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(30) 흙막이시설해체작업은 흙막이 가시설작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(31) 흙막이시설해체작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(32) 흙막이시설해체작업은 공사 중 작업이동과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(34) 흙막이 가시설작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(35) 흙막이 가시설작업은 공사 중 작업이동과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(36) 청소 및 정돈작업은 공사 중 작업이동과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 3> 철골공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 철골부재 공작/용접/볼트작업은 철골부재운반작업과 비교하여 (9) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 철골부재 공작/용접/볼트작업은 철골부재현장 시공작업과 비교하여 (9) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 철골부재 공작/용접/볼트작업은 철골해체작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 철골부재 공작/용접/볼트작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 철골부재 공작/용접/볼트작업은 내화피복작업과 비교하여 (1/7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로
1
(6) 철골부재운반작업은 철골부재현장 시공작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 철골부재운반작업은 철골해체작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 철골부재운반작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 철골부재운반작업은 내화피복작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 철골부재현장 시공작업은 철골해체작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 철골부재현장 시공작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 철골부재현장 시공작업은 내화피복작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 철골해체작업은1/3 작업 중 이동과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 철골해체작업은 내화피복작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 작업 중 이동과 내화피복작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 4> 거푸집공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 각재운반 및 가공작업은 거푸집인양작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 각재운반 및 가공작업은 거푸집 설치작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 각재운반 및 가공작업은 거푸집 해체작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 각재운반 및 가공작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 각재운반 및 가공작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 거푸집인양작업은 거푸집 설치작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 거푸집인양작업은 거푸집 해체작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 거푸집인양작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 거푸집인양작업은 작업 중 이동과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 거푸집 설치작업은 거푸집 해체작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 거푸집 설치작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 거푸집 설치작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 거푸집 해체작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 거푸집 해체작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 청소 및 정돈작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 5> 철근공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 철근반입 및 운반작업은 철근보강작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 철근반입 및 운반작업은 철근가공 작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 철근반입 및 운반작업은 철근조립 및 배근작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 철근보강작업은 철근가공 작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 철근보강작업은 철근조립 및 배근작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 철근가공 작업은 철근조립 및 배근작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 6> 콘크리트공사의 세부공사에 대한 설문

(1) 콘크리트 타설작업은 장비이동 및 해체작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 콘크리트 타설작업은 면정리 작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 콘크리트 타설작업은 보양작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 콘크리트 타설작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 콘크리트 타설작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 장비이동 및 해체작업은 면정리 작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 장비이동 및 해체작업은 보양작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 장비이동 및 해체작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 장비이동 및 해체작업은 작업 중 이동과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 면정리 작업은 보양작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 면정리 작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 면정리 작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 보양작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 보양작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 청소 및 정돈작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 7> 방수공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 자재반입 및 적재작업은 바탕면 처리작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 자재반입 및 적재작업은 방수작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 자재반입 및 적재작업은 작업 중 이동과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 자재반입 및 적재작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 자재반입 및 적재작업은 방수액도포작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 바탕면 처리작업은 방수작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 바탕면 처리작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 바탕면 처리작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 바탕면 처리작업은 방수액도포작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 방수작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 방수작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 방수작업은 방수액도포작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 작업 중 이동은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 방수작업은 방수액도포작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 청소 및 정돈작업은 방수액도포작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 8> 조적공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 운반작업은 쌓기작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 운반작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 9> 미장, 견출, 타일공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 재료반입 및 적재작업은 준비작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 재료반입 및 적재작업은 바탕처리작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 재료반입 및 적재작업은 배합 및 비빔작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 재료반입 및 적재작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 재료반입 및 적재작업은 바름 및 타일붙이기작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 재료반입 및 적재작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 준비작업은 바탕처리작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 준비작업은 배합 및 비빔작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 준비작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 준비작업은 바름 및 타일붙이기 작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 준비작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 바탕처리작업은 배합 및 비빔작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 바탕처리작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 바탕처리작업은 바름 및 타일붙이기 작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 바탕처리작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(16) 배합 및 비빔작업은 작업 중 이동과 비교하여 (4) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(17) 배합 및 비빔작업은 바름 및 타일붙이기 작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(18) 배합 및 비빔작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(19) 작업 중 이동은 바름 및 타일붙이기 작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(20) 배합 및 비빔작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(21) 바름 및 타일붙이기 작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 10> 석/외벽공사의 세부공사에 대한 설문

(1) 자재반입 및 적재작업은 운반작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 자재반입 및 적재작업은 돌붙이기/트러스 및 패널설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 자재반입 및 적재작업은 줄눈처리 코킹작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 자재반입 및 적재작업은 견출/할석작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 자재반입 및 적재작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 운반작업은 돌붙이기/트러스 및 패널설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 운반작업은 줄눈처리 코킹작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 운반작업은 견출/할석작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 운반작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 돌붙이기/트러스 및 패널설치작업은 줄눈처리 코킹작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 돌붙이기/트러스 및 패널설치작업은 견출/할석작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 돌붙이기/트러스 및 패널설치작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 줄눈처리 코킹작업은 견출/할석작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 줄눈처리 코킹작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(15) 견출/할석작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 11> 유리 및 창호공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 운반작업은 설치작업과 비교하여 (4) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 운반작업은 코킹작업과 비교하여 (4) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 운반작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 운반작업은 작업 중 이동과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 설치작업은 코킹작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 설치작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 설치작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 코킹작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 코킹작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 청소 및 정돈작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 12> 수장공사 및 금속 잡철물공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 바탕처리/철물류 설치작업은 양수작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 13> E/V 공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 설치작업은 피트내부작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 설치작업은 시험 및 검사작업과 비교하여 (9) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 피트내부작업은 시험 및 검사작업과 비교하여 (9) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 14> 도장공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 작업 중 이동은 준비작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 작업 중 이동은 칠하기작업과 비교하여 (1/2) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 작업 중 이동은 보양작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 작업 중 이동은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 준비작업은 칠하기작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 준비작업은 보양작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 준비작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 칠하기작업은 보양작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 칠하기작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (9) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 보양작업은 청소 및 정돈작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 15> 설비공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 자재(재료)반입 및 적재작업은 장비설치/관리작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 자재(재료)반입 및 적재작업은 배관설치작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 자재(재료)반입 및 적재작업은 주차설비작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 자재(재료)반입 및 적재작업은 시험 및 보온작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) 자재(재료)반입 및 적재작업은 기구설치작업과 비교하여 (1/7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) 장비설치/관리작업은 배관설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) 장비설치/관리작업은 주차설비작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 장비설치/관리작업은 시험 및 보온작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 장비설치/관리작업은 기구설치작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 배관설치작업은 주차설비작업과 비교하여 (1/4) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(11) 배관설치작업은 시험 및 보온작업과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(12) 배관설치작업은 기구설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(13) 주차설비작업은 시험 및 보온작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 주차설비작업은 기구설치작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(14) 시험 및 보온작업은 기구설치작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 16> 전기(통신)공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 자재, 설비의 반입 및 적재작업은 BOX 설치작업과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(2) 자재, 설비의 반입 및 적재작업은 전기배관 및 배선설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(3) 자재, 설비의 반입 및 적재작업은 본선인입 및 기구/기기설치작업과 비교하여 (1/3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(4) 자재, 설비의 반입 및 적재작업은 작업 중 이동과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(5) BOX 설치작업은 전기배관 및 배선설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(6) BOX 설치작업은 본선인입 및 기구/기기설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(7) BOX 설치작업은 작업 중 이동과 비교하여 (3) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(8) 전기배관 및 배선설치작업은 본선인입 및 기구/기기설치작업과 비교하여 (1) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(9) 전기배관 및 배선설치작업은 작업 중 이동과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

(10) 본선인입 및 기구/기기설치작업은 작업 중 이동과 비교하여 (7) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 17> 단열공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 단열재료 운반 및 보관은 단열시공작업과 비교하여 (1/5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

<문 항 18> 해체공사의 세부공사에 대한 설문
(1) 철근 콘크리트 구조물 해체작업은 조적벽체 해체작업과 비교하여 (5) 위험하다.
① 비슷하게 ③ 약간 ⑤ 매우 ⑦ 확실히 ⑨ 절대로

부 록Ⅱ SAS version 8.0을 이용한 위험지수 검증

선행연구에서 구한 건축공사 공종별 위험지수와 본 연구에서 개발한 모델을 통해 구한 위험지수를 3개 Group으로 분류하여, 각 Group 별로 검증을 실시하였다. 먼저, Group 1로 분류된 a 위험지수와 b 위험지수를 Wilcoxon Scroes 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.3379로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
a	7	45.0	52.50	7.826238	6.428571
b	7	60.0	52.50	7.826238	8.571429

Wilcoxon Two-Sample Test

Statistic	45.0000

Normal Approximation

Z	-0.8944
One-Sided Pr < Z	0.1855
Two-Sided Pr > |Z|	0.3711

t Approximation

One-Sided Pr < Z	0.1937
Two-Sided Pr > |Z|	0.3874

Z includes a continuity correction of **0.5**

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square	0.9184
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.3379**

Group 1로 분류된 a 위험지수와 b 위험지수를 Van der Waerden Scores 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.3128로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Van der Waer den Scores (Normal) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
a	7	-1.629486	0.0	1.614383	-0.232781
b	7	-1.629486	0.0	1.614383	0.232781

Van der Waerden Two-Sample Test

Statistic	-1.6295
Z	-1.0093
One-Sided Pr < Z	0.1564
Two-Sided Pr > |Z|	0.3128

Van der Waerden One-Way Analysis

Chi-Square	1.0188
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.3128**

Group 1로 분류된 a 위험지수와 b 위험지수를 Savage Scores 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.4695로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Savage Scores (Exponential) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
a	7	-1.230345	0.0	1.701120	-0.175764
b	7	-1.230345	0.0	1.701120	0.175764

Savage Two-Sample Test

Statistic	-1.2303
Z	-0.7233
One-Sided Pr < Z	0.2348
Two-Sided Pr > |Z|	0.4695

Savage One-Way Analysis

Chi-Square	0.5231
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.4695**

Group 2로 분류된 c 위험지수와 d 위험지수를 Wilcoxon Scores 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.6544로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
c	7	49.0	52.50	7.817633	7.0
d	7	56.0	52.50	7.817633	8.0

Average scores were used for ties

Wilcoxon Two-Sample Test

Statistic	49.0000

Normal Approximation

Z	-0.3837
One-Sided Pr < Z	0.3506
Two-Sided Pr > |Z|	0.7012

t Approximation

One-Sided Pr < Z	0.3537
Two-Sided Pr > |Z|	0.7074

Z includes a continuity correction of **0.5**

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square	0.2004
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.6544**

Group 2로 분류된 c 위험지수와 d 위험지수를 Van der Waerden Scores 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.6767로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Van der Waer den Scores (Normal) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
c	7	-0.671926	0.0	1.611360	-0.095989
d	7	-0.671926	0.0	1.611360	0.095989

Average scores were used for ties.

Van der Waerden Two-Sample Test

Statistic	-0.6719
Z	-0.4170
One-Sided Pr < Z	0.3383
Two-Sided Pr > | Z |	0.5767

Van der Waerden One-Way Analysis

Chi-Square	1.1739
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.6767**

Group 2로 분류된 c 위험지수와 d 위험지수를 Savage Scores 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.7324로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Savage Scores (Exponential) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
c	7	-0.581524	0.0	1.700845	0.083075
d	7	-0.581524	0.0	1.700845	-0.083075

Average scores were used for ties.

Savage Two-Sample Test

Statistic	0.5815
Z	0.3419
One-Sided Pr > Z	0.3662
Two-Sided Pr > |Z|	0.7324

Savage One-Way Analysis

Chi-Square	0.5231
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.4695**

Group 3로 분류된 e 위험지수와 f 위험지수를 Wilcoxon Scores 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.2257로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Wilcoxon Scores (Rank Sums) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
e	6	46.50	39.0	6.190168	7.750
f	6	31.50	39.0	6.190168	5.250

Average scores were used for ties

Wilcoxon Two-Sample Test

Statistic	46.5000

Normal Approximation

Z	1.1308
One-Sided Pr > Z	0.1291
Two-Sided Pr > |Z|	0.2581

t Approximation

One-Sided Pr > Z	0.1411
Two-Sided Pr > |Z|	0.2822

Z includes a continuity correction of **0.5**

Kruskal-Wallis Test

Chi-Square	1.4680
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.2257**

Group 3로 분류된 e 위험지수와 f 위험지수를 Van der Waerden Scores 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.1990으로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Van der Waer den Scores (Normal) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
e	6	1.874772	0.0	1.459652	0.312462
f	6	-1.874772	0.0	1.459652	-0.312462

Average scores were used for ties.

Van der Waerden Two-Sample Test

Statistic	1.8748
Z	1.2844
One-Sided Pr > Z	0.0995
Two-Sided Pr > | Z |	0.1990

Van der Waerden One-Way Analysis

Chi-Square	1.6497
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.1990**

Group 3로 분류된 e 위험지수와 f 위험지수를 Savage Scores 로 Chi-square 검정결과, p-value가 0.1881로 0.05보다 큰 것으로 분석되어 위험지수 산출모델에 의해 산출된 위험지수와 AHP를 이용하여 산출된 위험지수가 충분히 관련성이 있다고 할 수 있다.

SAS 시스템

The NPAR 1WAY Procedure

Savage Scores (Exponential) for Variable VAR

Classified by Variable GR

GR	N	Sum of Scores	Expected Under H_0	Std Dev Under H_0	Mean Score
e	6	2.041883	0.0	1.551338	0.340314
f	6	-2.041883	0.0	1.551338	- 0.340314

Average scores were used for ties.

Savage Two-Sample Test

Statistic	2.0419
Z	1.3162
One-Sided Pr > Z	0.0941
Two-Sided Pr > | Z |	0.1881

Savage One-Way Analysis

Chi-Square	1.7324
DF	1
Pr > Chi-Square	**0.1881**

참 고 문 헌

1) 한국산업안전공단, 산업재해통계현황, 2004~2005.

2) 노동부, 산업재해현황, 2004~2005.

3) 대한산업안전협회, 산업재해통계, 2004.

4) 한국산업안전공단 산업안전보건연구원, “철근콘크리트공사 안전작업 절차서(APT공사 중심)”, 연구보고서, 1999.

5) 이리형, 오재응, 손기상, “건설안전공학”, 기문당, pp. 15~16, 1995.

6) 허성관, 이종영, 김정동, 권택진, “건설안전공학”, 학문사, p. 383, 1997.

7) M. A. Mustafa, J. F. Al-Bahar, “Project Risk Assessment Using the Analytic Hierarchy Process” IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 38, No. 1, February 1991.

8) 김동춘, 김화중, “철골공사 중대재해분석을 통한 위험성평가 방법에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 제17권, 제12호, pp. 217~224, 2001.

9) 김용성, 이민우, 최순주, 이찬식, “건설공사의 위험지수 산정”, 대한건축학회논문집, 제19권, 제2호, pp. 968~973, 1999.

10) 이민우, 이찬식, “건설공사의 위험도 산정에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 제16권, 제5호, pp. 105~112, 2000.

11) 노동부, 한국산업안전공단, “건설업 공종별 위험성 평가 모델”, 2006.11.

12) 한국산업안전공단, “건설 중대재해 사례와 대책”, 1992~2005.

13) Merriam-Webster Online Dictionary, “Definition of Risk”, http://www.m-w.com/dictionary/risk

14) 건설교통부 한국건설기술연구원, “건설공사의 위험도분석평가 기법 개발”, 2004.

15) 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.

16) Stephen Mak, David Picken, “Using Risk Analysis to Determine Construction Project Contingencies”, Journal of Construction Engineering and Management, pp. 130~136, 2000.

17) Roozbeh Kangari, “Risk Management Perceptions and Trends of U.S. Construction”, Journal of Construction Engineering and Management, pp. 422~429, 1995.

18) N. A. Kartam, S. A. Kartam, “Risk and Its Management in the Kuwaiti Construction Industry : a Contractor's Perspective”, International Journal of Project Management 19, pp. 325~335, 2001.

19) L. Y. Shen, “Project Risk Management in Hong Kong”, International Journal of Project Management Vol. 15, No. 2, pp. 101~105, 1997.

20) B. Mulholland, J. Christian, “Risk Assessment in Construction Schedules”, Journal of Construction Engineering and Management, pp. 8~15, 1999.

21) A. S. Akintoye, M. J. MacLeod, “Risk Analysis and Management in Construction”, International Journal of Project Management Vol. 15, No. 1, pp. 31~38, 1997.

22) M. Hastak, A. Shaked, “ICRAM-1 : Model for International Construction Risk Assessment”, Journal of Management in Engineering pp. 59~69, 2000.

23) Roozbeh Kangari, “Construction Risk Assessment by Linguistics”, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 36, No. 2, pp. 126~131, 1989.

24) Ernest Forman, Kirti Peniwati, “Aggregating Individual Judgements and Priorities with the Analytic Hierarchy Process”, European Journal of Operational Research 108 pp. 165~169, 1998.

25) Y. Wind and D. Gross, “An Analytic Hierarchy Approach to the Allocation of Resources within a Targe Product/Market/distribution Portfolio” in D.B. Montgomery and D.R. wittink(Eds.), Proceeding of the First ORSA/TIMS Special Interest Conference on Market Measurement and Analysis, Standford University, pp. 278~297, 1980.

26) R. F. Dyer and E. H. Forman, An Analytic Approach to Marketing Decisions, Prentice-Hall. 1991.

27) P. T. Harker and L. G. Vargas, “Theory of Ratio Scale Estimation : Saaty's Analytic Hierarchy Process”, Management Science, Vol. 33, No. 11, pp. 1383~1403. 1987.

28) T. L. Saaty, “The Analytic Hierarchy Process”, New York, McGraw - Hill, 1980.

29) T. L. Saaty, “Decision Making for Leaders”, RWS Publications, 1995.

30) T. L. Saaty, “A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures”, Journal of Mathematical Psychology, 15, pp. 234~281, 1977.

31) Y. Wind and T. L. Saaty, “Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process”, Management science, Vol. 26, No. 7, pp.641~658, 1980.

32) 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.

33) 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.

34) Qiping Shen, Kak-Keung Lo, Qian Wang, “Priority Setting in Maintenance Management: a Modified Multi-Attribute Approach Using Analytic Hierarchy Process”, Construction Management and Economic 16, pp. 693~702, 1998.

35) 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.

36) 석성준, 안성훈, 강경인, “계층분석과정을 이용한 건축현장 조직의 프로젝

트 수행 능력 평가 모델", 대한건축학회논문집, 제21권, 제5호, pp. 143~150, 2005.

37) 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, pp. 33~41, 2005.

38) Chian-Son Yu, "A GP-AHP Method for Solving Group Decision-Making Fuzzy AHP Problems", Computers & Operations Research 29, pp. 1969~2001, 2002.

39) T. L. Saaty, M. S. Ozdemir, "Why the Magic Number Seven Plus or Minus Two", Mathematical and Computer Modelling 38, pp. 233~144, 2003.

40) Xu Zeshui, Wei Cuiping, "A Consistency Improving Method in the Analytic Hierarchy Process", European Journal of Operational Research 116, pp. 443~449, 1999.

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

42) T. L. Saaty, "Rank from Comparisons and from Ratings in the Analytic Hierarchy/Network Processes", European Journal of Operational Research 168, pp. 557~570, 2006.

43) M. I. Al Khalil, "Selecting the Appropriate Project Delivery Method Using

AHP", International Journal of Project Management 20, pp. 469~474, 2002.

44) Zone-Ching Lin, Chu-Been Yang, "Evaluation of Machine Selection by the AHP Method", Journal of Materials Processing Technology 57, pp. 253~258, 1996.

45) S. L. Tung, S. L. Tang, "A Comparison of the Saaty's AHP and Modified AHP for Right and Left Eigenvector Inconsistency", European Journal of Operational Research 106, pp. 123~128, 1998.

46) 건설교통부제정, 대한건축학회, "건축공사표준시방서", 2006.

47) 한국산업안전공단, "안전보건경영시스템 구축에 관한 지침", http://www.safetysite.co.kr/ html/data1/etcs07.htm,1998

48) 김형무, 박형규, 오상근, 건축시공학, 형설출판사, 2002.

49) 신현식, 김문한, 신동우, 현창택, 이현수, 박찬식, 건축시공학, 문운당, 1998.

50) 오준호, "재해사례 분석을 통한 거푸집공사 안전관리 방안", 부경대학교, 석사학위논문, 2002.

51) 강경인, 김광희, 김재엽, 박우열, 서덕석, 안성훈, 조훈희, 건축시공Ⅰ-골조공사, 대가출판사, 2004.

52) 대한건설협회, 건설업통계연보(Statistics Yearbook of construction Industry), 2006.

53) 이종빈, 고성석, 장성록, "중대재해사례와 작업강도를 고려한 건축공사 위

험성평가", 한국안전학회지 Vol. 21, No. 4, pp. 102~107, 2006.

54) 안홍섭, "건설재해사례의 효과적 활용을 위한 사고정보 분석체계에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 제12권, 제6호, pp. 241~255, 1996.

55) 안홍섭, 고성석, "건축철골작업의 재해방지를 위한 방안에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 제12권, 제11호, pp. 233~242, 1996.

56) 문명완, 양극영, "공종분류체계를 이용한 건설중대재해분석에 관한 연구", 대한건축학회학술발표논문집, 제16권, 제2호, pp. 711~714, 1996.

57) 박필수, 산업안전관리론, 중앙경제사, pp. 150~152, 1997.

58) 허효수, "작업강도를 고려한 공종별 위험율에 관한 연구", 부경대학교, 석사학위논문, 2006.

59) 성래경, SAS System 과 SAS 언어, 자유아카데미, 2004.

A Study on the Risk Index of Work Type in Architectural Construction Work using AHP and Accident Cases

Lee, Jong-Bin

Department of Safety Engineering

Graduate School

Pukyong National University

Abstract

The objective of this paper was to compute the risk index of work type and subdivided work type in architectural construction work.

This research firstly classified 22 work types and 105 subdivided works in architectural construction work and then analyzed fatal accidents of work type and subdivided work type from the data of KOSHA.

Work strength of work type was calculated by analysis of the input workers and a period of doing work through visiting the architectural construction

work site.

This research developed the equation that it was based on the data of fatal accidents and work strength needing to compute the risk index of work type in architectural construction work. The results of risk index from the equation were verified as compared with the results of previous study.

The survey found that respondents were consisted of construction experts (5), safety managers(16) and supervisors(24) associated with architectural construction work. The AHP(Analytic Hierarchy Process) was used to analyze the questionnaire. From the analysis of the risk index of work type and subdivided work in architectural construction work by the equation and the AHP, following results were obtained.

1) The results of the risk index from the equation were presented that the risk index of Steel structure work(0.357), Temporary work(0.108), Brick work(0.101), Crane work(0.082) and Concrete work(0.074) was presented highly comparing to other work types.
2) In case of Steel structure work, although the ratio of fatal accident was not higher than other work types, under paying due regard to such work strength, the risk index(0.357) was presented the highest numerical value among 22 work types. Although the fatal accident cases and ratio of Form work were showed 338 cases and 15.8% of the highest numerical value among 22 work types, the order of the risk

index was presented 13th among 22 work types.

3) This study developed the equation regarding to the work strength and fatal accident to get the risk index of work type. For verifying the results of the risk index, SAS system was used through comparison the risk index of the previous study with this study. P-value of Group 1,2,3 from the analysis results of SAS version 8.0 system was presented 0.3379, 0.6544, 0.2257 respectively. Therefore, the developed equation was turned out usefully for computing the risk index of work type in architectural construction work.

4) This study found the fact that the risk index of the dismantling work, which is one of subdivided works of the steel structure work type, was presented the highest numerical value(0.08925), the other side, the risk index of cleaning and arrangement work of window & door work type was showed the lowest numerical value(0.0004) among the 84 subdivided work.

Based on the results of this study, it is suggested that the developed equation will be applied to the other parts such as excavation work, industry facilities work and landscape work and then risk index of work type and subdivided work type will be used the data for make-decision which work type and subdivided work type is more important or riskier than others.

감사의 글

2001년 박사과정에 첫 발을 내딛은 후 많은 어려움이 있었지만 그 동안 힘들고 어려울 때 마다 격려해 주시고 도움을 주신 많은 분들께 이 글을 빌어 감사 드리고자 합니다. 심사위원장으로서 열과 성의를 다해 지도하여 주시고 논문이 무사히 통과될 수 있도록 배려를 하여주신 이동훈 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 특히 바쁘신 가운데서도 세심하게 논문을 검토해주시고 보다 좋은 논문을 위해 많은 지도를 해주신 건축공학과 이재용 교수님, 이의주 교수님께도 감사를 드립니다. 전 지도교수님으로서 대학원 석사 기간에서 박사과정까지 많은 가르침을 주신 전남대학교 고성석 교수님께 깊은 감사의 마음을 드립니다. 부족한 저를 제자로 삼아 주시고 지금까지도 세심한 배려와 결코 드러내지 않으시면서 아낌없는 지원을 해주시고 탁월한 안목으로 학문하는 자세를 깨우쳐 주신 장성록 교수님께 감사의 마음을 드립니다.

지금은 부경대학교 총장님으로 잠시 학과를 떠나계시지만 학부 때부터 지금까지 아버지와 같은 항상 따뜻한 마음으로 가르침을 주신 목연수 교수님, 그리고 학부와 대학원을 통해 오늘의 제가 있기까지 많은 가르침을 주신 이내우 교수님, 박외철 교수님, 권오헌 교수님, 최재욱 교수님께도 감사를 드립니다. 대학원 과정을 함께하며 많은 도움과 아낌없는 격려를 해준 고경찬 박사, 윤유성 박사, 배동철 박사, 임우섭 박사, 강지웅 형님께도 감사의 말씀을 드립니다.

논문을 준비하면서 항상 힘들고 지칠 때 마다 힘이 되어준 옛 건설안전연구실의 정상배 사장님, 김금연 본부장님, 이태영 형님, 이동훈 형님, 허효수 형님, 김종욱 형

님, 김영숙 누님, 김우용 형님, 김진식 형님, 오태곤 차장님, 강보국 형님, 김상철 형님께도 감사의 마음을 전하며, 바쁜 와중에도 선배의 일을 마다않고 도와준 김상준과 인간공학실험실의 오현수, 박형구, 김진우 후배에게도 깊은 감사의 뜻을 전합니다. 더불어 궂은일 마다않고 많은 도움을 주고 있는 인간공학연구실의 학부생들에게도 고마움을 전합니다. 또한 99학번 졸업동기 모임의 김우용 형님, 강지웅 형님, 임종욱 형님과 한동훈 형님의 아낌없는 배려와 전폭적인 지원이 힘이 되었습니다.

가족이라는 울타리를 벗어나 지금의 내가 있기까지 물심양면으로 지지해주신 아버님과 어머님의 기도와 끝없는 희생 그리고 깊은 은혜에 부족하지만 논문으로나마 보답하고자 합니다. 공부한다고 고생 많다며 항상 격려 해주신 매형과 누님, 쌍둥이로 태어나 지금은 서로 다른 길을 가고 있지만 많은 힘이 되어준 동생 종수에게도 감사의 글을 전합니다. 끝으로 강원도 산속에서 여군 장교로서 군 생활하며 많이 외롭고 힘들지만 내색하지 않고 용기 잃지 않도록 격려해주고 힘이 되어준 경희에게도 감사의 글을 전합니다.