

건설분야-연구자료
연구원 2000-20-140
S-RD-I-2000-20-140

건설공사 종류별 위험도 조사 및 정량화 지수 연구

A Study on the Danger Index of the Construction Works



한국산업안전공단
산업안전보건연구원



제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 “산업안전 선진화 3개년 계획”에 의거하여 건설 안전 연구사업의 일환으로 수행한 “건설공사 종류별 위험도 조사 및 정량화지수연구”의 최종보고서로 제출합니다.

1999년 12월 31일

주 관 연 구 부 서: 산 업 안 전 보 건 연 구 원
안 전 공 학 연 구 실
연 구 책 임 자: 책 임 연 구 원 최 순 주
공 동 연 구 자: 이 찬 식(인천대학교 교수, 공학박사)
서 상 욱(경원대학교 교수, 공학박사)
연 구 보 조 원: 이 민 우(인천대학교, 건축공학과)
정 인 수(인천대학교, 건축공학과)
김 용 성(인천대학교, 건축공학과)
황 종 현(인천대학교, 건축공학과)
김 용 철(경원대학교, 건축학과)
임 재 웅(경원대학교, 건축학과)

요 약 문

1. 연구과제명 : 건설공사 종류별 위험도 조사 및 정량화 지수 연구

2. 연구기간 : 1999. 4. 1. - 1999. 12. 31.

3. 연구자 : 산업안전보건연구원 건설안전연구팀 책임연구원 최순주

4. 연구목적

- 건설공사의 위험도를 정량화 하여 그 고저에 따라 적정 안전관리자 배치
- 안전 관련 제도 개선을 위한 기초 자료로 활용

5. 연구내용

- 안전관리제도 및 위험이론 고찰
- 건설공사의 재해사례 조사·분석
- 건설공사의 위험도 평가 및 위험 지수 제시

6. 활용계획

- 위험도의 고저에 따른 안전관리의 효율성 증진

7. 연구개요

건설공사는 수행해야 하는 작업의 기술적·공간적·기능적 특성과 기후적 요인 등으로 말미암아 매우 다양한 위험 요인을 내재하고 있으며, 하나의 공사 안에서도 공종에 따른 위험의 정도가 매우 상이하고 프로젝트에 따라서도 위험의 크기가 다르게 나타난다. 건설산업의 재해손실비용도 제조업의 약 12배에 해당하는 손실이 발생하여 재해가 많이 발생하고 있다.

건설공사의 재해예방을 위하여 공사규모 100억원(상시 근로자 200인) 이상의 사업장에 대하여 사고예방 조치를 수행하고 안전관리업무를 전담하는 안전관리자를 선임하도록 규정하고 있으나, 현재의 안전관리자 선임기준이 공사의 종류 및 위험도를 고려하지 않고 공사금액과 상시근로자수를 기준으로 선임하도록 규정하고 있어서, 안전관리 수행성파가 떨어지고 특히, 위험도가 낮은 공사나 공종의 경우 원가 및 인력관리 측면에서 비효율성을 초래하고 있다.

이러한 안전관리업무를의 비효율성은 기술분야, 공종, 직종 등에 따른 위험도를 정량화 하여 그 고저에 따라 안전관리자를 적절하게 배치할 수 있다면, 극복될 수 있을 것이다.

위험도의 산정방법으로, 과거의 경험이나 위험 확률에 기초하여 위험의 정도를 평가하는 방법이 있으나, 주로 제조업에서 사용되는 것으로 공정 중심의 평가기법이다. 이 연구에서는 안전사고 자료를 근간으로 건설공사에 적합한 새로운 위험도 산정 방법을 개발하였다.

주요한 연구성과를 요약하면 다음과 같다.

가. 일반 건설공사에 대한 분야별 위험 평가

재해자의 휴업예정(요양)일수, 직종, 공종 등이 기록되어 있는 것으로서 산재 보험금을 지급하는데 근간이 되는 요양신청서 자료와 민간기업의 안전사고 자료, 대한주택공사의 안전사고 자료를 바탕으로 재해건수, 재해자수, 인적피해, 재해건 당 휴업예정일수 등을 고려하여 건설공사와 아파트 공사의 분야별 위험 정도를 조사·평가하였다.

(1) 재해건수와 재해자수를 고려한 위험빈도 측면에서 볼 때, 기술분야별 시설물별로는 건축분야의 아파트와 상업·공공시설이 전체 시설물 중에서 재해가 가장 많이 발생하며, 토목분야에서는 도로, 지하철·전철시설에서, 산업설비 분야에서는 석유화학플랜트, 폐기물처리시설에서 재해가 많다. 사업장 규모면에서 보면, 5인(3억원) 미만 공사의 재해발생비율이 50% 이상을 차지하며, 그 다음으로 10~29인(6~18억원) 미만의 공사규모에서 재해가 많다.

직종별로는 보통인부가 가장 많은 재해를 입고 있으며, 그 다음으로 목공과 철근콘크리트공의 순으로 나타났다. 작업공정별로는 운반작업과 거푸집작업에서 재해가 많이 발생하고 있으며, 형틀작업과 철근작업도 비교적 많다.

공정율별로는 골조공사가 한창인 11~40%와 마감공종인 71~90%에서 재해 발생빈도가 높다. 토목과 건축분야와는 다르게 산업설비분야는 대체로 마감공종 단계에서 재해가 많이 발생하고 있다. 공종별로 비교하여 보면, 철근콘크리트공사에서 가장 재해가 많이 발생하고 있으며, 그 다음으로 목공사로 나타났다. 철강철골공사, 전기공사, 미장공사에서도 위험빈도가 높다.

(2) 인적피해를 기준으로 재해의 강도를 비교하여 보면, 수처리시설, 지하철·전철, 교량, 일반산업시설·폐기물처리시설은 사망재해가 부상재해보다 많이 발생하고 있다.

사업장 규모별로는 토목부분의 5인(3억원) 미만과 2000인(1200억원) 이상에

서 사망재해가 부상재해보다 다소 높게 나타나고 있다. 직종별로는 철근콘크리트공, 도장공, 용접공, 배관공 등이 보통인부와 목공에 비하여 재해자수는 적지만, 부상재해보다 사망재해가 많이 발생하고 있다.

공정율별로는 산업설비분야에서의 공정을 51% 이상에서 사망재해가 부상재해보다 많거나 같게 나타났다. 건축과 토목분야는 대부분의 공정율에서 부상재해가 많은 것으로 나타났지만, 건축분야의 공정을 51~60%에서 사망재해가 다소 높게 나타나 위험강도가 크다. 작업공정별로 보면, 운반작업, 철근작업, 정리정돈, 가설물작업 등에서 사망재해가 많이 발생하고 있다.

공종별로 볼 때, 모든 공종에서 부상재해가 사망재해보다 많이 발생하고 있다. 철강철골공사는 부상재해자와 사망재해자의 구성비가 3:1인 반면에 철근콘크리트공사와 목공사는 9:1로 나타나 철강철골공사가 상대적으로 보다 위험하다고 할 수 있다.

(3) 건당 휴업예정일수를 근간으로 재해의 강도를 비교하였다.

철도 시설물의 경우 재해건수는 6건에 불과하지만, 건당 휴업예정일수는 248일로 가장 많으며, 그 다음으로 일반산업시설·폐기물처리시설이 194일로 나타났다. 도로, 교량, 종합개발공사, 수처리시설은 아파트와 상업·공공시설에 비하여 재해건수는 적지만, 건당 휴업예정일수는 높은 것으로 나타나 재해의 강도가 크다.

공정율별로 위험강도를 비교하여 보면, 51~60%에서는 상대적으로 재해가 적게 발생하지만, 건당 휴업예정일수는 137일로 높게 나타나 재해의 강도가 크다고 볼 수 있다. 71~90%에서는 건당 휴업예정일수와 재해건수가 모두 높게 나타나 재해의 강도가 높다고 볼 수 있다.

작업공정별로는 가설물작업이 157일로 가장 많으며, 철근작업, 견출작업, 방수작업은 재해건수는 적지만, 건당 휴업예정일수가 150일 이상으로 매우 높게

나타나 위험강도가 크다. 운반작업은 위험빈도도 높고 건당 휴업예정일수도 131일로 평균(133일) 값보다 높은 수치로 나타나 위험도가 크다고 볼 수 있다. 거푸집작업은 재해는 많이 발생하고 있으나, 건당 휴업예정일수는 90일로 나타나 상대적인 위험강도는 낮은 편이다.

직종별로는 도장공, 미장공, 타일공의 건당 휴업예정일수가 170일 이상으로 다른 직종에 비하여 매우 높게 나타났으며, 위험빈도가 높은 보통인부의 경우는 28로 위험강도는 낮은 것으로 보인다. 목공과 보통인부는 재해는 많이 발생하고 있으나 건당 휴업예정일수는 상대적으로 적은 것으로 나타나 위험강도는 낮다고 볼 수 있다.

공종별로는 엘리베이터설치공사가 304일로 건당 휴업예정일수가 가장 많으며, 창호유리공사도 285일로 높은 값을 나타내고 있다. 반면에, 위험빈도가 높은 철근콘크리트공사와 목공사는 건당 휴업예정일수는 적게 나타났다.

나. 일반 건설공사의 위험강도 및 위험지수 산정

재해건 당 재해자수와 재해건 당 휴업예정일수의 기하평균을 취하여 위험강도를 산정하였으며, 기술분야별 시설물부문에서는 상시근로자수를 고려하여 위험지수를 구하였다.

(1) 기술분야별 시설물별

가장 위험한 기술분야는 산업설비분야이며, 그 중에서도 위험지수가 가장 높은 시설물은 제조설비시설로 나타났다. 건축분야와 토목분야는 산업설비분야에 비하여 위험의 강도는 낮다고 볼 수 있으나, 재해는 많이 발생하고 있다. 그 이유는 건축과 토목분야의 계약실적이 대부분을 차지하고 있기 때문으로 보인다. 건축분야는 상업·공공시설과 종합레저·체육·사교시설, 토목분야는 철도와 터널시설의 위험지수가 높게 나타나 위험한 시설물이라고 할 수 있다.

(2) 작업공정별

골조공사와 관련되는 비계작업과 형틀작업이 가장 위험한 작업공정으로 나타났다. 그 다음이 철근작업과 거푸집작업이었다. 비계작업의 경우 표본으로 이용된 자료가 전수 사망재해로 위험강도 결과에 그대로 반영되었으며, 형틀작업도 사망재해자수가 부상재해자수의 2배에 달하여 위험의 정도가 큰 것으로 나타났다.

(3) 공종별

엘리베이터설치공사의 위험강도가 가장 큰 것으로 나타났으며, 창호유리공사, 개간공사·토질토양공사·측량공사도 비교적 위험강도가 높은 공종이었다. 철근콘크리트공사의 경우 재해는 많이 발생하고 있으나, 상대적으로 위험강도는 낮으며, 금속철물공사, 보일러·펌프·송풍기설치공사는 위험의 강도가 낮게 나타났다.

(4) 공정율별

공사완료 후의 위험강도가 가장 높게 나타났으나, 재해건수가 너무 적어서 다른 공정율과 직접 비교하기는 곤란하다. 5% 미만의 공정율이 그 다음으로 위험한 것으로 나타났으며, 51~60%와 71~80% 사이의 공정율에서도 비교적 재해의 강도가 큰 것으로 나타났다.

(5) 직종별

상대 위험강도가 가장 높은 직종은 기계설치공과 철골공이며, 그 다음으로 전공의 위험강도가 높게 나타났다. 중기운전공, 케이블전공, 단열공은 상대적으로 위험강도가 낮았다. 재해건수는 보통인부와 철근콘크리트공이 많지만, 위험강도는 낮게 나타나고 있다.

다. 아파트 건설공사의 위험강도 및 위험지수 산정

아파트 건설공사의 직종별 위험지수는 대한주택공사의 “주택공사비분석자료”의 직종별 평균 소요인력 구성비를 고려하여 산정하였다.

(1) 직종별

위험지수가 가장 높은 직종은 비계공이며, 그 다음으로 철근콘크리트공, 타일공의 순서로 나타났다. 보통인부의 위험강도는 가장 높게 나타나 재해를 당했을 경우 근로손실 가능일이 크다고 볼 수 있지만, 인원수를 고려하여 산정한 위험지수는 매우 작게 나타나 개개의 작업자가 재해를 당할 가능성은 작다고 볼 수 있다.

(2) 공종별

위험강도가 가장 높은 공종은 창호·유리공사와 가설공사로 나타났으며, 비계공사, 목공사, 미장공사도 다른 공종에 비하여 높은 값을 보이고 있다. 재해 분석결과에서도 철근콘크리트공사, 목공사, 미장공사 등에서 재해가 많이 발생하고 있으며, 해당 공종에 종사하는 형틀목공, 미장공 등의 직종에서 재해가 많이 발생하는 것으로 보아, 위험강도가 높은 공종은 재해발생빈도와 강도도 높음을 알 수 있다.

전기공사는 사고 발생건수가 높으며 위험강도의 크기도 큰 것으로 나타났다. 따라서, 전기공사는 중대재해가 많이 발생하는 공종 중의 하나이며, 작업 특성상 작업자에게 치명적인 해를 끼칠 수 있으므로 매우 위험한 공종이라고 할 수 있다.

8. 중심어

[건설 재해, 안전사고, 안전관리자 배치기준, 위험지수, 위험강도]

목 차

제 1 장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 방법 및 범위	2
제 2 장 예비적 고찰	6
1. 위험의 유형	6
2. 위험도 분석 및 평가 방법	9
3. 재해 지표	14
가. 재해의 정의	15
나. 우리나라 재해 지표	16
다. 미국의 재해 지표	18
4. 건설공사재해의 특성	20
가. 일반적 특성	20
나. 기술분야별 공종별 특징 및 재해경향	24
5. 건설안전관리제도	39
가. 국내	39
나. 외국	43
제 3 장 건설공사 재해통계 분석	48
1. 자료분류 체계	48
가. 기술분야별 시설물 분류	48
나. 공종 분류	51
다. 직종분류	51

라. 재해발생시 재해자의 근무작업공정 분류(KISCO 코드)	52
마. 사업장 규모 분류	54
2. 한국산업안전공단의 표본 자료	54
가. 기술분야별 사업장 규모별	55
나. 시설물별	57
다. 공종별	59
라. 공정율별	60
마. 직종별	62
바. 작업공정별	63
3. 산재보험금지급 관련 자료	64
가. 시설물(공사유형)별 재해현황	65
나. 공종별	67
다. 공정율별	68
라. 직종별	70
마. 작업공정별	72
4. 민간기업의 안전사고 자료	73
가. 시설물별	73
나. 공종별	74
다. 직종별	75
라. 휴업예정일수 비교	76
5. 미국의 재해현황	79
가. 건축분야 시설물별 사망재해	79
나. 토목분야 시설물별 사망재해	80
다. 공종별 사망재해	81
라. 분야별 재해율	82
6. 재해 분석결과 종합	84
가. 위험빈도 비교	85
나. 인적피해 비교	91

다. 건당 휴업예정일수 비교	92
제 4 장 위험지수 개발	95
1. 기초 통계량	95
가. 시설물별 상시근로자수	95
나. 아파트 건설공사의 소요인력 구성비율	97
2. 위험지수 개발	99
가. 용어의 정의	99
나. 일반 건설공사	101
다. 아파트 건설공사	115
제 5 장 결 론	121
참 고 문 헌	128

표 차 례

<표 2-1> 위험 요소의 분류	8
<표 2-2> 한국의 재해 측정 지표	18
<표 2-3> 건설공사 안전관리의 장애요인	23
<표 2-4> 건설업과 일반제조업의 안전측면의 특성 비교	24
<표 3-1> KISCO CODE에 의한 기술분야별 시설물 구분	49
<표 3-2> 시설물의 범주	50
<표 3-3> 공종 분류 체계	51
<표 3-4> 직종 분류 체계	52
<표 3-5> 재해발생시 근무작업공정 분류 체계	53
<표 3-6> 사업장 규모 분류	54
<표 3-7> 안전공단 휴업예정일수 코드분류	65
<표 3-8> 직종별 재해건 당 휴업예정일수	77
<표 3-9> 공종별 재해건 당 휴업예정일수	78
<표 3-10> 시설물별 재해건 당 휴업예정일수	79
<표 3-11> 기술분야별 시설물별 재해자수 구성비율	85
<표 3-12> 건축분야의 시설물별 재해자수 구성비율	86
<표 3-13> 토목분야의 시설물별 재해자수 구성비율	87
<표 3-14> 산업설비분야 시설물별 재해자수 구성비율	87
<표 3-15> 공정을별 재해자수 구성비율	89
<표 3-16> 공종별 재해자수 구성비율	90
<표 4-1> 사업장 규모별 시설물별 계약건수	96
<표 4-2> 사업장 규모별 시설물별 평균 상시근로자수	97

<표 4-3> 15층 아파트 건설공사의 직종별 평균 소요인력 구성비	98
<표 4-4> 위험지수 산정 방법	101
<표 4-5> 기술분야별 시설물별 위험지수(Ⅰ)	103
<표 4-6> 기술분야별 시설물별 위험지수(Ⅱ)	104
<표 4-7> 작업공정별 위험강도(Ⅰ)	106
<표 4-8> 작업공정별 위험강도(Ⅱ)	107
<표 4-9> 공종별 위험강도(Ⅰ)	109
<표 4-10> 공종별 위험강도(Ⅱ)	110
<표 4-11> 공정을별 위험강도(Ⅰ)	111
<표 4-12> 공정을별 위험강도(Ⅱ)	112
<표 4-13> 직종별 위험강도(Ⅰ)	113
<표 4-14> 직종별 위험강도(Ⅱ)	114
<표 4-15> 직종별 위험지수(Ⅰ)	116
<표 4-16> 직종별 위험지수(Ⅱ)	117
<표 4-17> 공종별 위험강도(Ⅰ)	119
<표 4-18> 공종별 위험강도(Ⅱ)	120

그 립 차 례

[그림 1-1] 연구흐름도	5
[그림 3-1] 건축분야의 사업장 규모별 상해정도별 재해자수	56
[그림 3-2] 토목분야의 사업장 규모별 상해정도별 재해자수	56
[그림 3-3] 산업설비분야의 사업장 규모별 상해정도별 재해자수	57
[그림 3-4] 건축분야 시설물별 재해자수	58
[그림 3-5] 토목분야 시설물별 재해자수	58
[그림 3-6] 산업설비분야 시설물별 재해자수	59
[그림 3-7] 공종별 상해정도별 재해자수	60
[그림 3-8] 건축분야 공정율별 상해정도별 재해자수	61
[그림 3-9] 토목분야 공정율별 상해정도별 재해자수	61
[그림 3-10] 산업설비분야 공정율별 상해정도별 재해자수	62
[그림 3-11] 직종별 상해정도별 재해자수	63
[그림 3-12] 작업공정별 상해정도별 재해자수	64
[그림 3-13] 시설물(공사유형)별 인적피해 및 재해건수	66
[그림 3-14] 시설물(공사유형)별 건당 휴업예정일수 및 재해건수	66
[그림 3-15] 공종별 인적피해 및 재해건수	67
[그림 3-16] 공종별 건당 휴업예정일수 및 재해건수	68
[그림 3-17] 공정율별 인적피해 및 재해건수	69
[그림 3-18] 공정율별 건당 휴업예정일수 및 재해건수	70
[그림 3-19] 직종별 인적피해 및 재해자수	71
[그림 3-20] 직종별 건당 휴업예정일수 및 재해건수	71
[그림 3-21] 작업공정별 인적피해 및 재해건수	72

[그림 3-22] 작업공정별 건당 휴업예정일수 및 재해건수	73
[그림 3-23] 시설물별 재해건수 및 사망자수	74
[그림 3-24] 공종별 재해건수 및 사망자수	75
[그림 3-25] 직종별 재해건수 및 사망자수	76
[그림 3-26] 건축공사의 시설물별 평균 사망자수 및 구성비율	80
[그림 3-27] 토목공사의 시설물별 평균 사망자수 및 구성비율	81
[그림 3-28] 공종별 평균 사망자수 및 구성비율	82
[그림 3-29] 건축분야 시설물별 평균 재해율	83
[그림 3-30] 토목분야 시설물별 평균 재해율	83
[그림 3-31] 공종별 평균 재해율	84

제 1 장 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

건설공사는 수행해야 하는 작업의 기술적·공간적·기능적 특성과 기후적 요인 등으로 말미암아 매우 다양한 위험 요인을 내재하고 있으며, 하나의 공사 안에서도 공종에 따른 위험의 정도가 매우 상이하고 프로젝트에 따라서도 위험의 크기가 다르게 나타난다. '97~'98년 사이의 재해손실비용 측면에서 건설산업은 제조업의 약 12배에 해당하는 손실이 발생하여 재해가 많이 발생하는 업종으로 분류할 수 있다.

건설공사의 재해예방을 위하여 산업안전보건법(이하 “산안법”이라 함)제15조에는 공사 규모 100억원(상시 근로자 200인) 이상의 사업장에 대하여 사고예방 조치를 수행하고 안전관리업무를 전담하는 안전관리자를 선임하도록 규정하고 있다. 산안법령 제11조에는 건설프로젝트에서 안전담당자를 지정해야 할 작업을 규정하고 제12조에는 안전관리자의 수 및 선임방법에 관하여 규정하고 있다. 이러한 재해예방업무의 노력에도 불구하고, 현재의 안전관리자 선임기준이 공사의 종류 및 위험도를 고려하지 않고 공사금액과 상시근로자수를 기준으로 선임하도록 규정하고 있어서, 안전관리 수행성과가 떨어지고 특히, 위험도가 낮은 공사나 공종의 경우 원가 및 인력관리 측면에서 비효율성을 초래하고 있는 실정이다.

중·소규모 건설사업장은 위험빈도가 높게 나타나고 있으며, '97년도를 기준으로 공사규모 60~120억원(100~199인) 미만과 6억원(9인) 미만 사업장의 공사 계약건수 100건당 사망재해건수는 각각 1.53건, 2.17건으로, 소규모 건설사업장의 위험강도도 대규모 사업장에 비해 상대적으로 높게 나타나고 있다. 이들 건설 사업장에 대한 안전관리업무의 일환으로 건설재해예방기술지도와 같은 간접적인 안전관리지원제도가 있으나, 사업장에 상주하는 전담 안전관리자가 없이 안전관리업무를 대행함으로써 재해가 많이 발생하고 있다. 또한, 안전관리업무가 건설공사의 종류 및 직종에 따른 위험도를 정확하게 고려하지 않고 관행적으로 수행됨으로써 안전관리의 효율성이 낮은 실정이다.

이러한 비효율성은 기술분야, 공종, 직종 등에 따른 위험도를 정량화 하여 그 고저에 따라 안전관리자를 적절하게 배치할 수 있다면, 극복될 수 있을 것이다.

이 연구에서는 건설공사의 기술분야별, 공종별, 직종별 등의 위험도를 조사·분석하고 그것을 바탕으로 정량적인 위험도 지수(DI; Danger Index)를 개발함으로써, 건설공사의 재해를 저감하고 노동 관련 정책 및 제도 개선을 위한 기초 자료로 활용될 수 있게 하고자 한다.

2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 다음과 같은 절차와 방법으로 수행하였다.

가. 안전관리제도 및 위험 이론 고찰

관계법령(산안법령, 건설기술관리법령 등)에서 규정하고 있는 국내 안전관리 제도의 현황과 국외에서 시행하고 있는 관련 제도를 조사·검토하고, 안전사고

와 관련된 건설공사의 특징을 파악하기 위하여 관련 문헌을 조사하였다.

나. 건설공사의 재해사례 조사·분석

민간기업의 안전사고 실적자료, 대한주택공사 안전사고 자료, 한국산업안전공단(이하 “안전공단”이라 함)의 재해 통계자료 및 산업재해보상보험금(이하 “산재보험금”이라 함) 지급관련 자료를 조사·분석하고, 건설공사의 종류에 따른 위험도를 조사하여 정량화 지수를 산정 하기 위한 기초 자료로 활용하였다.

위험 평가 방법으로 재해건수, 재해건 당 휴업예정일수와 재해건 당 재해자수를 부문/분야별로 비교·평가하였다.

다. 건설공사의 위험도 평가 및 위험지수 제시

경험이나 위험 확률에 기초하여 위험도를 평가하는 방법은 제조업에서 주로 사용되는 것으로 공정 중심의 평가기법이다. 이 연구에서는 안전사고 자료를 근간으로 건설공사의 위험 정도를 판단하였다.

산재보험금을 지급하는데 근간이 되는 것으로 재해자의 휴업예정(요양)일수, 직종, 공종 등이 기록되어 있는 요양신청서 1) 자료와 민간기업의 안전사고 자료, 대한주택공사의 안전사고 자료를 바탕으로 재해건 당 휴업예정일수와 재해자수를 기준으로 건설공사와 아파트 공사의 분야별 위험 정도를 조사·평가하여 그 정도를 제시하였다.

기술분야별 시설물부문에서는 상시근로자수를 고려하여 위험지수를 산정하였으며, 아파트 건설공사의 직종별 위험지수는 대한주택공사의 “주택공사비분석자료”의 직종별 평균 소요인력 구성비를 고려함으로써 위험도의 신뢰도를

1) 산업재해보상보험법시행령 제29조에 의거 근로자가 업무상 부상 또는 질병에 걸렸을 때, 산재근로자가 의사의 소견서가 기재된 요양신청서를 근로복지공단 관할지사에 제출함.

제고하였다.

공종별, 직종별 등의 분류체계는 안전공단이 사업장의 재해조사를 위하여 사용하는 산업재해조사표분류코드집(KISCO CODE)의 세부분류체계를 근간으로 건설업계에서 일반적으로 통용되고 있는 분류체계를 참고하여 구성하였다.

건설공사와 아파트 공사의 위험도 지수는 다음과 같은 부문/분야에 대하여 산출하였다.

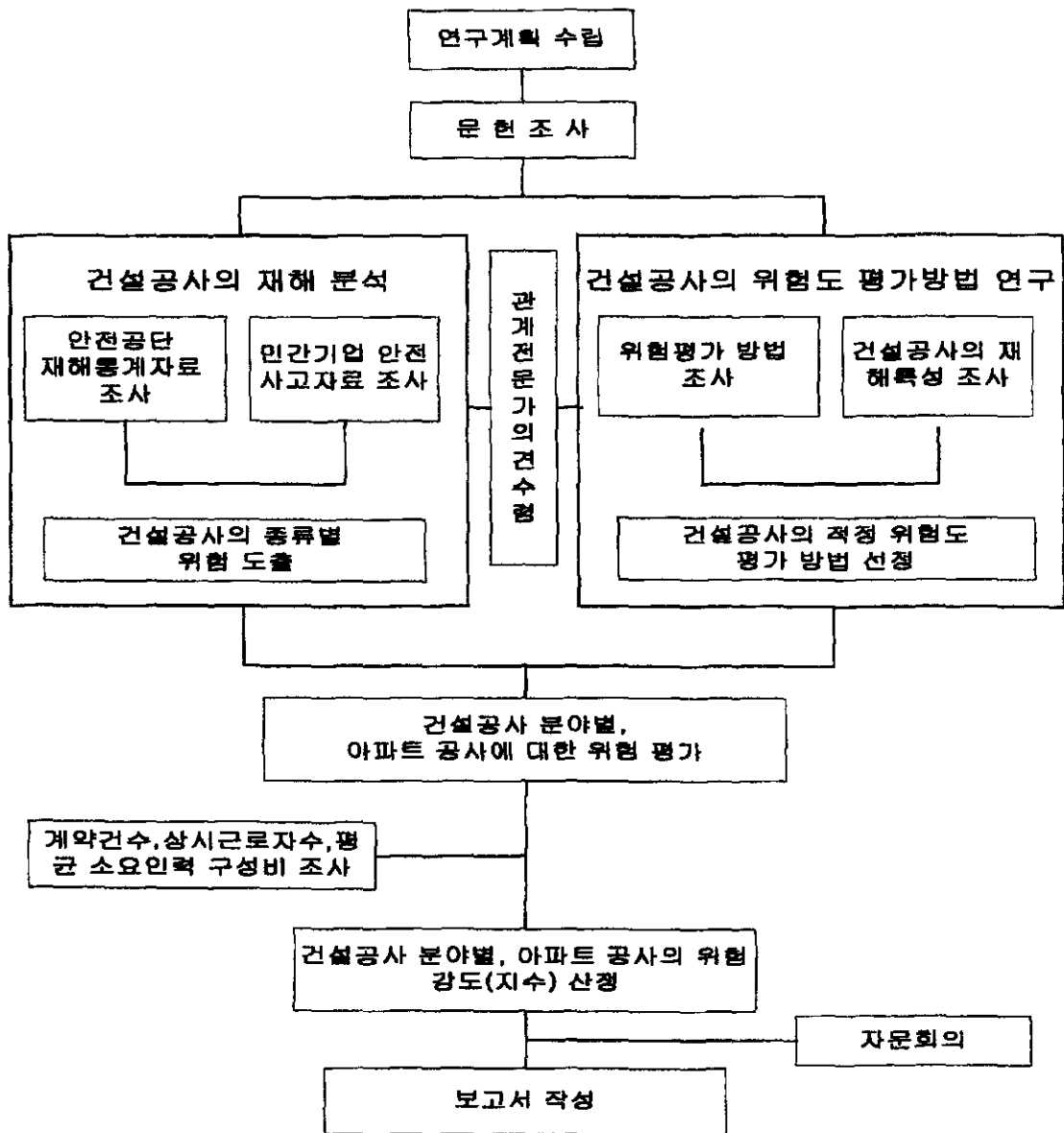
(1) 일반 건설공사

- 기술분야별 시설물별
- 공종별
- 공정율별
- 작업공정별
- 직종별

(2) 아파트 건설공사

- 공종별
- 직종별

본 연구는 <그림 1>과 같은 절차로 수행하였다.



[그림 1-1] 연구흐름도

제 2 장 예비적 고찰

1. 위험의 유형 2)

위험의 시간적 근접관점에서는 급박한 위험, 위험한 상태, 경미한 상태로 구분된다. 시간적 측면에서 건설작업의 위험은 작업상황에 내재하는 위험한 상태가 대부분이다. 위험이 사람에게 미치는 영향에 따라서 상해위험과 건강상 위험으로 분류할 수 있다. 안전의 관점에서는 위험하다고 보며 보건의 관점에서는 유해하다고 한다. 건강상의 위험은 위험인자의 종류에 따라 화학적 위험, 물리적 위험, 생물화학적 위험으로 분류하며, 에너지의 유형에 따라 위험을 분류하면 기계적 위험, 화학적 위험, 물리적 위험, 에너지 위험, 생물학적 위험 및 전기적 위험으로 분류된다.

건설공사의 위험은 추락, 낙하, 비래와 같은 개인적 위험, 작업장소 또는 설비위험 및 환경위험으로 구분하기도 한다. 재해와 사고의 원인이 되는 위험의 공학적 분류는 다음과 같다.

가. 기계적인 위험

기계, 기구 기타의 설비로 인한 위험을 기계적 위험이라고 하며 생산현장의 기계적 위험은 범위가 대단히 넓고 양태도 다양하다. 기계적 위험에는 이들 기계의 작업점 및 동력전도 부분의 기계적 운동한계 내에 근로자의 신체의 일

2) 서울대학교 공학연구소 · (주)금호건설, 건설안전관리론, 1996. 3, pp31-32

부가 들어가 있는 경우의 “접촉적 위험”이 가장 일반적이며, 그 외에도 기계가 수행하는 작업으로 인한 원재료, 가공물 등의 비래·낙하 등의 “물리적 위험”, 그라인더의 연삭숫돌의 파괴, 보일러의 파열 등의 “구조적 위험” 등이 있다.

나. 화학적 위험

폭발성 물질, 발화성 물질, 인화성 물질, 그밖에 산화성 물질, 가연성의 가스 또는 분진 등의 위험물질은 폭발, 화재의 위험성이 있으며 간혹 중대재해를 일으키고 있다.

다. 전기, 열 등의 에너지 위험

전기에너지의 위험은 감전과 발열, 발화에 의한 위험이 가장 일반적이다. 전기설비의 충전부분이나 누전개소에 인체가 접촉하는데서 오는 감전과 아크 용접 등에서 볼 수 있는 눈의 장애, 파열이나 누전으로 인한 화재, 폭발 등이 있다.

열 기타의 에너지 위험에는 화염, 용융 고열물 등에 의한 화상 외에 보일러, 화학설비, 건조설비 기타 고온물체에 의한 화상이 있다. 또한, 방사능의 대량 피폭에 의한 장애, 레이저광선에 의한 눈의 장애 등도 에너지 위험에 속한다.

라. 작업적 위험

작업적 위험에는 작업방법적 위험과 장소적 위험이 있다. 작업방법적 위험은 굴착, 채석, 하역 등의 작업에서 작업방법을 잘못하여 발생할 수 있는 위험이다. 위험의 종류는 굴착이나 채석작업에서는 지하매설물이나 옹벽의 손괴, 토석의 붕괴 등 하역작업에서는 짐의 붕괴·낙하 등에 의한 위험이 있다. 이

와 같은 작업방법에서 생기는 위험은 옥외산업의 전형인 건설작업의 주요 위험원이다.

재해에는 상술한 바와 같이 기계적 위험, 화학적 위험, 에너지 위험, 작업방법의 위험을 방지하더라도 예방하기 어려운 작업장소 자체에서 생기는 위험이 있는데 이를 장소적 위험이라 한다. 중력에 의한 위험이 일반적이며, 대표적인 건설재해 유형들은 추락, 붕괴, 도괴 등이 이 부류에 속한다. 작업장 주변의 정리, 정돈의 불량, 작업환경의 열악 등에 의한 재해도 대부분 장소적 위험에 기인한다.

건설공사에 관련된 주요 위험요소는 여러 가지가 있으나, 건설공사에 내재되어 있는 위험요소들을 분류하면 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 위험 요소의 분류

구 분	내 용
자연재해	지진, 폭풍, 홍수, 산사태, 돌풍, 지반약화
시공상 요소	구조물 손상, 장비 손상, 작업자부상, 재료·장비 도난, 설계변경, 시공상 결함, 특수한 시공조건
설계상 요소	부실설계, 오류 및 누락, 부적합한 기준, 특수한 설계조건
인적 요소	책임의식결여, 작업생산성, 미숙련공, 기술수준 미달, 잦은 태업·파업, 조직구성 문제, 감리상 문제

2. 위험도 분석 및 평가 방법

가. 위험도의 개념 3)

위험도는 사람이나 물질에 있어서의 부상 또는 손실의 가능성 및 중대성과 관련된 경제적 손실이나 인명피해의 척도로 정의한다. 공학적인 의미에서 일반적으로 위험도라고 하면 위험이 내재되어 있는 어떤 사건의 발생가능성과 어떠한 적절한 방식으로 측정된 사건의 결과(사망, 경제적 손실, 환경적 충격 등)의 조합으로 언급할 수 있다. 건설프로젝트의 위험도는 불확실성의 결과로서 프로젝트 목적에 악영향을 주는 위험사건의 노출 가능성이라고 정의할 수 있다. 이러한 위험도는 세 가지 요소로 구성되어 있다.

- 위험사건 : 건설공사 프로젝트에 내재되어 있는 바람직하지 않은 사건.
- 위험사건의 불확실성 : 위험사건이 발생할 가능성(발생빈도 또는 발생확률)을 의미함.
- 위험사건이 발생한 경우 잠재적 손실 : 내재된 사건의 결과(인명손실, 경제적 손실, 환경 침해) 등을 의미함.

나. 위험도 분석평가 4)

위험성 평가는 대체로 “잠재된 위험으로부터 안전을 확보하기 위한 기초작업”으로 정의한다. 임의 프로젝트에 대한 위험도 분석평가(Hazard Assessment)는 위험사건규명(Hazard identification)과 위험도 해석 및 평가

3) 건설교통부, 건설공사의 확률적 위험도 분석 평가기법 개발, 1996

4) 이내우 · 이진우, op. cit, 1997

(Hazard analysis and evaluation)의 전과정을 의미하는 것이다. 이러한 위험도 분석평가 기법에는 확률이나 손실 추정액을 정량적으로 평가하지 않는 기법인 정성적 위험도 분석평가와 확률의 척도나 경제 손실의 정량적 수치로서 평가하는 정량적 위험도 분석평가 방법으로 대별할 수 있다.

(1) 정성적 방법(Qualitative Analysis Method)

정성적인 위험도 분석평가는 위험의 존재를 확인하는 기법으로서, 정량적인 평가 없이 경험과 주관적 판단에 기초하여 위험사건을 규명하고 위험도평가를 수행하거나 위험사건과 결과 사이의 시나리오를 작성하는 기법이다. 내재된 위험사건을 규명하고 이러한 위험사건이 발생하였을 경우 미치는 손실에 대한 정성적으로 추정하는 것이 주목적이다.

(가) 체크리스트(Check-List) 기법

기준절차에 따라 일이 진행되고 있는가를 보여주기 위하여 사용된다. 사용이 용이하며 공정 개발단계에서 적용할 수 있으며 어떤 일을 하는데 발생할 수 있는 최소한의 위험도를 인지시키는데 유용하다. 체크리스트는 각각의 기술자가 수행한 작업에 대해서 경영층에서 검토할 수 있는 기본 자료를 제공해 준다.

이 방법의 주요 목적은 일반적인 위험요소들을 확인하거나 기준절차에 따라 일이 진행되는가를 확인하는 것이며, 일반적으로 유경험자가 체크리스트를 작성함으로써 모든 기술자가 체크리스트를 이용할 수 있어야 한다. 숙련된 참모나 경영자는 체크리스트 결과를 재검토 해보고 대응 행동을 지시해야 한다.

(나) 예비 위험 분석기법(PHA; Preliminary Hazard Analysis)

이 분석의 주목적은 위험을 미리 인식하여 위험이 이후에 발견되었을 때 소

요되는 비용을 절감시키기 위한 것이다. 예비위험 분석기법은 다른 위험분석 방법에 선행해서 실시하기 위한 것으로, 공정초기에 위험을 확인하기 위한 효과적인 방법을 제공하며 새로운 공정처럼 안전문제에 대한 경험이 거의 없는 경우에 대해 적용할 수 있다. 이 기법을 적용할 때는 공정이나 절차에 관한 상세한 정보를 얻을 수 없기 때문에 주로 위험물질과 주 공정요소에 초점을 맞춘다. 이 방법의 목적은 설계자에게 도움을 주기 위해서 위험요소들을 미리 찾아내자는 것이다.

(다) 사고예상질문 분석기법(What-If Analysis)

사고예상질문분석기법은 HAZOP(Hazard&Operability)이나 FMECA(Failure Mode Effect and Critically Analysis)처럼 정확하게 구조화되어 있지 않지만, 사용자가 특별한 상황에 맞추어 기본개념을 수정해 가면 된다. 이 기법의 목적은 나쁜 결과를 초래할 수 있는 사건을 세심하게 고려해 보는 것이며, 설계 단계, 건설단계, 운전단계, 공정의 수정 등에서 생길 수 있는 이탈현상의 조사가 포함된다.

이 기법을 수행하기 위해서는 공정의 목적을 이해하여야 하고 예상하지 못한 결과를 초래하는 설계의도를 파악해서 발생한 이탈현상을 조합하고 도출해 낼 수 있어야 한다. 주요 목적은 공정에 잠재하는 사고를 확인하여 그 위험과 결과, 또는 위험을 줄이는 방법 등을 제시하는 것이다. 가장 흔한 용도는 현재 공정에 변화를 주었을 때 그 영향을 알아보기 위해서 사용한다.

(라) 위험과 운전분석기법(HAZOP; Hazard and Operability)

위험과 운전분석기법은 공정에 존재하는 위험 요소들과 위험하지는 않아도 공정의 효율을 떨어뜨릴 수 있는 운전상의 문제점을 알아내고자 개발되었으며, 위험 요소의 인식단계를 넘어서서 공정의 어느 단계에서도 사용할 수 있는 효

과적인 방법이다. 이 방법은 설계의도에서 벗어나는 이탈현상을 찾아내어 공정의 위험요소와 운전상의 문제점을 파악하는 것이다.

위험과 운전분석기법의 주요 목적은 공정 및 시스템에 존재하는 위험요인과 운전상의 문제점을 사고 발생시 공정에 미치는 영향과 운전상의 문제점을 파악하여 대책을 강구하는데 있다.

(마) 이상위험도 분석기법(FMECA; Failure Modes Effects and Critically Analysis)

이상위험도 분석기법은 시스템 및 공정에서의 각 고장방식(failure mode)의 결과와 이것에 대한 위험도 순위를 표로 만드는 것이다. 이 방법의 목적은 장치 및 시스템의 고장방식과 시스템 및 공정에서 생기는 각 고장방식의 영향 등을 알아내는 것이다.

결과의 특성은 정성적이고 단일이상으로부터 발생하는 결과에 대한 최악의 경우를 평가하고 이상과 위험도의 평가에 기초한 장치이상의 상대적 위험순위를 포함한다. 이상 위험도 분석기법의 시간과 비용은 대상 시스템의 크기와 수에 비례한다. 비슷한 기능을 수행하는 비슷한 장치를 가진 시스템에 대한 분석시간은 평가의 반복적 특성 때문에 상당히 줄어든다.

(2) 정량적 방법(Quantitative Analysis Method)

일반적으로 사건수분석(ETA; Event Tree Analysis), 결함수분석(FTA; Fault Tree Analysis) 등의 확률적인 의사결정 분석모델, 원인결과분석(Cause and Consequence Analysis)빈도 및 확률해석, 신뢰성해석, MCS(Monte Carlo Simulation) 등과 같은 확률, 통계 및 신뢰성분석기법과 같은 기법들이 있다.

(가) 결함수 기법(Fault Tree Analysis)

공정의 위험성 및 신뢰도를 분석하는 방법에는 귀납적 분석과 연역적 분석

으로 구분할 수 있다. 시스템 변경, 결함수 기법은 하나의 특정한 사고에 집중한 연역적 기법이며 사고사건의 원인을 결정하기 위한 한 방법을 제공한다. 결함수 기법은 정상사건의 원인을 추적하거나 각 요소의 상관관계를 가시적으로 확인할 수 있으며, 불필요한 요소를 다루지 않기 때문에 매우 효율적이다. 하지만, 복잡한 공정에 적용할 경우 논리적인 분석과 수학적인 분석의 어려움이 따르며 상당히 큰 규모의 이상 트리(tree)를 이해하는데 어려움이 있다.

이 방법의 목적은 사고를 일으키는 장치의 이상이나 운전자 실수로 조합을 알아내는 것이다. 적용시기를 보면 결함수 기법은 장치 이상의 조합으로부터 발생하는 감춰진 고장방식을 발견하기 위하여 공장의 설계단계에서 사용될 수 있다.

(나) 사건수 분석기법(ETA; Event Tree Analysis)

사건수 분석기법은 결함수 기법과 함께 정량적 위험성 평가 기법이지만, 평가 절차에 있어서는 결함수 기법과 대조되는 분석도구라고 할 수 있다. 결함수 기법은 사고결과로부터 사고를 유발하는 원인을 유추해 가는 연역적인 방법이라 한다면, 사건수 분석기법은 원인으로부터 사고결과를 추론해 가는 귀납적인 방법이기 때문이다.

최종결과로서 발생가능한 잠재적인 위험사건들은 일반적으로 어떤 초기사건이 발생한 후 이어지는 하위사건들의 발생단계를 거쳐 나타나므로 이러한 과정은 사건수도(Event tree diagram)를 이용하여 체계적이며 효과적으로 분석할 수 있다. 사건수 분석기법은 의사결정기법에서 일반적으로 사용되는 의사결정수를 수정한 형태로 구성된다. 사건수분석은 초기 사건과 하위 사건들 사이의 상호연관관계를 정의하는데 정확한 방법을 제공한다.

(다) 원인결과 분석기법(CCA; Cause-Consequence Analysis)

원인결과 분석기법은 가능한 사고를 평가하기 위해 결합수 분석기법과 사건수 분석기법을 혼합한 것이다. 이 기법의 주요 장점은 전달 매체로서 사용하는 것으로, 사고 결과와 그들의 기본 원인사이의 상호 관계를 보여주며, 적절한 자료를 이용할 수 있다면, 결과가 예측되는 발생빈도의 정량화를 위해서 사용될 수 있다.

주요 목적으로는 사고결과와 이러한 사고의 근본원인을 알아내는 것이며, 적용시기는 사고를 평가하고 그들의 근본원인을 알아내기 위한 설계단계에서부터 적용할 수 있다.

(라) 작업자 실수기법(HEA; Human Error Analysis)

작업자 실수기법은 공장의 운전자, 보수반원, 기술자, 그리고 그 외의 다른 사람들의 작업에 영향을 미칠 만한 요소를 평가하는 것이다. 여기에는 여러 형태의 작업평가 중 하나를 포함한다. 작업자 실수기법은 사고를 일으킬 수 있는 실수가 생기는 상황을 알 수 있으며, 주어진 형태의 운전자 실수에 대한 원인을 추적하는데 쓰일 수 있다. 이런 형태의 분석은 인간의 신뢰도분석, 또는 여러 형태의 시스템 분석과도 관련시켜 할 수 있다.

이 기법의 목적은 잠재적인 운전자의 실수와 그것의 효과를 확인하거나 관찰된 운전자의 실수원인을 파악하는 것이며, 적용시기를 보면 운전자의 실수를 유발할 수 있는 하드웨어적인 특징과 작업설계에 특징을 확인하고 설계변경이 운전자의 작업에 미치는 효과를 평가하는데 쓰일 수 있다.

3. 재해 지표

가. 재해의 정의

안전사고의 결과로 일어난 인명피해 및 재산의 손실을 일컫는 재해는 자연적 재해와 인위적 재해가 있으며, 인명피해 정도에 따라 사망, 중경상, 경상해, 무상해 사고로 분류된다. 5)

산안법 제2조에서 정의하는 산업재해라 함은 “근로자가 업무에 관계되는 건설물·설비·원재료·가스·증기·분진 등에 의하거나 작업, 기타 업무에 기인하여 사망 또는 부상하거나 질병에 이환 되는 것” 을 의미한다. 중대재해는 “산업재해 중 사망 등 재해의 정도가 심한 것” 으로서 동법시행규칙 제2조에 서는 다음과 같은 재해로 규정하고 있다.

- 사망자가 1인 이상 발생한 재해
- 3월 이상의 요양을 요하는 부상자가 동시에 2인 이상 발생한 재해
- 부상자 또는 직업성 질병자가 동시에 10인 이상 발생한 재해

산업재해를 나타내는 지표는 나라마다 상이한 기준을 사용하고 있는데 가장 일반적인 지표는 백인율, 천인율, 만인율 등으로 표현되는 재해율이 있다.

재해율은 근로시간에 비례하는 재해율은 아니며, 재해의 발생빈도를 나타내는데는 일정량의 근로시간을 기준으로 산정하는 도수율이 보다 합리적인 지표로서 미국 등에서 주로 사용하고 있다. 재해율이나 도수율은 재해의 경중에 관계없이 1건의 재해를 취급하는데 반해, 강도율이나 사망율은 재해의 중대성을 반영하여 재해의 심각성이나 재해로 인한 손실의 크기를 측정하는 지표로서 이용된다. 우리나라의 경우 산업재해는 상시근로자수가 5인 이상 사업장

5) 서울대학교 건설기술연구실, 건설경영개론, 태림문화사, 1996. 8, p169

(건설업의 경우는 공사금액이 4,000만원 이상인 경우)에서 발생하는 재해에 대하여 4일 이상의 요양을 필요로 하는 것으로 통근재해를 제외한 모든 업무상 재해를 말한다.

나. 우리나라 재해 지표

일반적으로 사용하고 있는 재해 발생율의 평가방법은 경험적 평가방법으로서 현재의 상태에 대하여 조사·평가하는 것이 아니라 이전에 발생한 상황을 여러 관점에서 조사하여 그것을 신뢰성 있는 통계적 처리결과의 계수로서 표현하는 것이다. 과거 일정기간의 경험·실적을 표현하는 것이므로 과거의 조건이 그대로 현재에도 지속한다는 가정 하에 현상의 평가를 대신하는 것이다.

(1) 도수율

도수율은 일정기간동안 사업장에서 발생하는 재해의 빈도를 말하는 것으로 빈도율이라고도 한다. 이는 한 사람이 백만 시간 작업 중 몇 번 재해를 당하였는가를 나타낸다. 도수율은 해당 작업장 내에 존재하는 위험성의 잠재밀도를 추정할 수 있으나, 여기에는 휴업일수에 관계하지 않고 장기 중상자 혹은 사망자 등도 한 건수로 계산하기 때문에 이 숫자만으로는 재해의 강도를 알 수가 없다.

(2) 연천인율

연천인율이란 1년간 사상자수의 합계를 평균 근로자수로 나눈 값에 1,000을 곱하여 계산한다. 연천인율은 동종 사업장과 비교할 때 동일기간을 가지고 하여야 하므로 천인율을 비교할 경우 그 기간을 명확히 하기 위하여 1년 동안을 한 기간으로 정하여 연천인율이라고 표시한다. 이 값과 비슷한 방법으로 만인

율이 있다. 연천인율과 도수율과의 상관관계를 보면 그 계산의 기준이 다르기 때문에 정확하게 환산할 수 없으나 도수율을 이용하여 연천인율을 계산할 경우 2.4배를 하면 연천인율을 산정할 수 있다.

(3) 강도율

재해의 강도율은 재해의 질적 정도를 표시하는 것으로 재해의 도수율이 양적인 상태를 표시하는데 반하여 강도율은 질적인 상태를 분석하는 방법이라고 할 수 있다. 강도율은 부상으로 인해 작업에 임하지 못하는 작업 손실일수를 연 근로시간수로 나누고 여기에 1,000을 곱한 것을 말한다. 즉, 1,000근로시간당 근로손실일수를 표시하는 것이다.

(4) 종합재해지수

재해의 발생은 단순히 근로자수만이 아니라 근로시간이나 근로일수에 비례하여 증가하는 것이므로 이들의 요소를 고려하여 산출하는 도수율, 강도율의 양쪽이 훨씬 합리적이다. 하지만, 만인율이나 천인율은 그 산출이 가장 용이할 뿐만 아니라 근로시간이나 근로일수가 동일한 사업장의 매월의 비교나 그 사업장 내의 각 직종간의 안전성적을 비교할 때 상당히 유효하다. 도수율, 강도율을 개별의 통계숫자로 사업장의 안전성적을 비교하는 것보다 재해빈도의 다소와 상해정도의 강약을 종합하여 나타내는 종합재해지수를 사업장의 성적 지표로 보다 유효하게 사용할 수 있다. 종합재해지수는 아래 식과 같다. 이상의 여러 가지 재해지표를 요약하면 <표 2-2>와 같다.

$$\text{종합재해지수} = \sqrt{\text{도수율} \times \text{강도율}}$$

<표 2-2> 한국의 재해 측정 지표

구 분		내 용
재해율(Injury Rate)	정의	근로자수 100인당 발생하는 재해자수의 비율
	식	재해율(%)=재해자수/근로자수×100
사망재해율(만인율, Fatality Rate)	정의	근로자수 10,000인당 발생하는 사망자수의 비율
	식	사망재해율(만인율)=사망자수/근로자수×10,000
연천인율	정의	근로자 1,000명당 1년간에 발생하는 사상자수
	식	연천인율 = 사상자수/연평균 근로자 수 × 1,000(인)
도수율(빈도율, Frequency Rate)	정의	산업재해의 발생 빈도를 나타내는 것으로 연 근로시간 합계 100만 시간당의 재해발생 건수
	식	도수율(FR) = 재해발생건수/연 근로시간수 × 1,000,000(시간)
강도율(Severity Rate)	정의	재해의 강도를 나타내는 척도로 근로시간 1,000 시간당 재해에 의해 잃어버린 근로손실 일수
	식	강도율(SR) = 근로손실 일수/연 근로시간수 × 1,000 (시간)

다. 미국의 재해 지표 6)

미국에서 현재 사용되고 있는 대표적인 재해지표는 EMR(Experience Modification Rate)과 OSHA 재해율이 있다. 이들 두 가지 재해지표는 치밀한 보고양식과 사업주의 엄격한 재해보고 의무를 기초로 작성되어 신뢰성이 있으

6) Donn E. Hancher, Jesus M. de la Garza and Gregory K. Eckert, "Improving Workers' Compensation Management in Construction", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 123, No 3, ASCE, 1996, pp 285-287

며, 건설업체의 안전평가에 많이 활용되고 있다.

(1) EMR(Experience Modification Rating)

이 지표는 시공회사의 안전업무 수행성과 지표로서 가장 널리 사용되고 있다. 이것은 시공회사의 근재보험 손실금액으로써 결정된다. 피보험자가 지불하는 표준보험료(manual rate)를 수정하기 위하여 보험회사가 주로 사용하는 비율이며, 3년 동안 피보험자의 실손실 금액을 비교하기 위한 근간이 된다. 이 지표는 현재의 안전수준을 정확하게 반영하지는 못하며, 신규회사나 소규모 회사에는 적용하기가 곤란하지만, 회사간의 상대 비교에는 유리하다.

(2) OSHA 재해율(Recordable Injury Incidence Rates)

미국 노동부 노동통계국의 양식으로 집계하며 주 40시간, 년 50주 200,000시간을 기준으로 해당 연도 다음해 4월에 발표하여 시차가 존재한다. 사고로 인한 시간손실을 이용하기 때문에 불규칙한 주기, 보험비용의 반영 등이 미흡하며 상해기록 유지의 회피 등이 단점이다. 건설업은 일반건설회사(비주거용 건축, 공장건축, 주거용 건축), 중건설회사(중건설, 도로공사), 전문건설공사(수장 및 바닥, 콘크리트, 전기, 조적미장, 도장도배장식, 배관난방공조, 지붕금속, 지하수개발)로 분류되어 산정된다. OSHA의 재해율(RIR; Recordable Incident Rate)은 다음과 같이 산정되며, 우리나라의 빈도율에 해당된다고 볼 수 있다.

$$RIR = \frac{(OSHA 재해건수) \times 200,000}{\text{총작업시간}}$$

최근 3년간 손실시간율(LTIR; Lost Time Incident Rate)은 다음과 같이 산정하며, 우리나라의 강도율에 해당하는 것이다.

$$LTIR = \frac{(OSHA 시간손실사례수) \times 200,000}{\text{총작업시간}}$$

4. 건설공사재해의 특성 7)

가. 일반적 특성

건설재해의 주요 원인은 건설업 자체의 특성, 인간의 행위, 건설현장의 작업 조건, 불안정한 공법, 설비 또는 작업 절차 등이 있으며, 여기에 불가항력적인 요인에 크게 좌우한다. 타산업과 비교할 때 건설산업만이 가지고 있는 특수성들은 여러 가지가 있으나, 안전사고와 관련된 대표적인 사항들을 언급하면 다음과 같다.

(1) 비반복적인 사업형태

건설공사는 같은 상품을 반복적으로 생산하는 제조업과는 달리 일품생산이라는 특수성을 갖는다. 즉, 건설공사마다 주어진 여건이 다르고 동일한 설계도면으로 건설되는 시설물이라 할지라도 그 건물이 놓여진 위치, 지반조건, 공사일정, 노무조건 등 시공조건이 완전히 동일하다고는 할 수 없다. 8) 그러므로 유사한 건설공사로부터 경험한 문제점과 그에 대한 대책을 피드백(feedback)하는데 한계가 따른다.

건설 생산물은 일품생산이므로 결과물을 제외한 모든 것이 일시적, 일회적이며, 생산조직 및 설비의 이동에 의한 현장조립생산으로 이루어지기 때문에 철저한 안전관리업무 수행이 곤란하다. 또한, 생산설비가 영구적이지 않고 임시로 설치되는 소모품 개념이므로 건설비용의 절감 차원에서 안전에 대한 투자

7) 한국산업안전공단, 종합안전관리제도 개선방안에 관한 연구, 1997. 12. 31

8) John G. Everett, "Overexertion Injuries in Construction", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 125, No 2, ASCE, 1999

가 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

건설공사는 수행해야 하는 작업의 기술적·공간적·기능적 특성과 기후, 지형조건, 지질에 따른 요인 등으로 인하여 다양한 위험요인을 내재하고 있으며, 작업이 주로 옥외에서 수행되므로 작업조건이 타 산업에 비해 열악하다고 볼 수 있다.

동일한 시설물을 생산할 경우 과거의 재해통계를 이용하여 당해 공종에 안전관리업무를 수행할 수 있지만, 공사현장에 미치는 위험의 요소들이 가변적이고 다양하게 나타나고 작업내용 및 조건이 변화하기 때문에 그에 따른 위험도 다르게 나타난다.

타산업과 비교하여 현저하게 차이를 발생시키는 것은 기계화, 자동화가 미비하다는 점이다. 이에 따라 많은 노동력이 투입되고 위험요소도 그에 상응하여 많이 내재하고 작업의 강도도 상당히 커지게 되므로 작업과 관련한 재해의 강도도 커질 수밖에 없는 것이다.

(2) 다수의 공사참여자

건설프로젝트는 발주자, 설계자, 시공자, 하도급자, 자재 납품업자 등 다수의 독립된 개체들이 참여하고 있고, 그들이 공사과정에서 추구하는 목적과 담당하는 책임은 매우 복잡하게 얽혀있다. 따라서, 이들의 상반된 시각과 상이한 목적으로 인해 협조적인 관계보다는 적대적 또는 경계적인 입장을 취하게 되고 이런 문제점들은 자연히 공사의 지연요인으로 작용하게 된다.

건설산업은 종합적인 산업으로서 건설생산과정 및 생산조직의 수직, 수평으로 분절되어 일률적인 안전관리 지원이 곤란하고 공종에 따른 기술의 전문화 및 분업화가 발달하여 위험이 상대적으로 분산될 수 있으나, 모든 관련당사자에게 안전관리를 지원하기 어렵다. 기본적으로 설계단계와 시공단계가 구분되

어 있으므로 프로젝트 계획단계에서 안전에 대한 확실한 대책을 수립하여야 하지만 미비한 실정이다.

(3) 높은 하도급 의존도

건설공사에 많은 공사참여자들이 관여하며 특히, 시공과정만 보더라도 하도급에 의존하는 경향이 점차 커지고 있다. 이러한 상황에서는 하도급자들의 동시 다발적인 생산활동을 생산적으로 관리하기가 어려워지고, 대다수 하도급자들의 경제적, 경영적인 안전성이 결여되어 있으므로 생산성 향상이라는 목표를 체계적이고 과학적인 방법으로 추진해 가는데 어려움이 있다.

원도급자는 하도급자들의 생산성 향상이 궁극적으로 공사의 원가절감과 직결된다는 인식이 부족해, 하도급자들에 대한 관리나 지원의 중요성을 간과하고 있다. 단일의 업체가 생산 전과정을 수행하는 것이 아니라 하도급이나 일시적인 고용에 의하여 생산과정이 이루어지므로 안전에 대한 책임소지가 불분명하며, 기존의 프로젝트에서 안전관리를 철저히 수행하고 건설생산 관련자들에게 안전교육을 제공하지만, 관련 당사자들이 다음 프로젝트에서 동일하게 수행하지 않기 때문에 안전관리가 단절된다.

결과적으로 프로젝트마다 안전에 대한 재투자가 이루어지므로 그 효용이 낮고 안전관리에 대한 일관성이 떨어지게 된다.

<표 2-3>은 건설공사에서의 안전관리 장애요인을 나타낸 것이며, <표 2-4>는 건설산업과 일반제조업 간에 안전관리의 특성을 비교한 것이다.

<표 2-3> 건설공사 안전관리의 장애요인

구 분	장 애 요 인
빈약한 관리의 근원	• 공사의 속성 • 사람 • 시스템
일반산업재해(제조업) 지향 안전대책의 한계	• 건설업: 유기적, 제조업: 기계적 -건설공사 고유동성과 생산체제 • 안전관리대상의 유동성 및 작업환경의 가변성 대응수단 미흡 -수시로 변화하는 건설장의 장소적, 작업방법적 위험의 통제에 부적합 예) 3E의 건설업에의 적용성 • 작업과정(시공)과 분리된 안전대책 및 안전관리업무 -관리, 감독자의 안전활동과 행정의 이원화
과학적 관리기법 및 도구 부재	• 공사의 실질적 안전도 측정방법 불비 -공정, 원가, 품질 등에 비해 낙후된 관리수법 -손실과 우연에 입각 • 주의력 및 직관에 의존한 비과학적 관리 형태 -작업의 위험성보다는 과거사고사례에 의한 제한적, 수동적 안전관리 • 다단계하도급 생산구조: 관리층과 생산입력(근로자)사이의 단층 -통제수단의 불비 • 하도급과정에서 안전에 대한 책임의 회석
공사관리자(관리, 감독자)의 인식 부족과 책임(체제)의 부재	• 안전정보(지식)의 부족 -법의 라인상 책임에 대한 무지 • 관리자의 안전책임 회피 -재해원인은 공사의 속성, 근로자 • 라인상의 책임체제 불비와 책임 부재 • 안전수준에 대한 개선 노력 기피 • 안전정보의 수집, 가공, 보급경로의 열악

주) 자료 : 이내우·이진우, 산업안전기술자를 위한 위험성 평가, 도서출판 동화기술, 1997

<표 2-4> 건설업과 일반제조업의 안전측면의 특성 비교

구 분	건설업	일반 제조업
산업구조 생산조직 관리방식	노동집약적 전문화, 분업화 예외관리(MBE)	기술집약적 일괄체제 목표관리(MBO)
상품성격 생산기간	부동성, 현장제작 중장기	유동성, 규격화 생산 단기
생산방식	주문생산(직접거래) 분산 단품 생산 (상품고정, 생산설비 이동)	시장생산(간접거래) 집중 대량 생산 (고장고정, 상품이동)
하도급의존도 하도급 성격 하도급 관리	높다 노무하도급 품질관리	낮다 제품하도급 전반관리
작업 환경 작업 내용 작업 대상 고용 형태	육외(환경조절 곤란) 기예적 특성, 기능 의존 다양, 부정형, 미표준화 일용, 임시고용	육내(환경조절 용이) 단순 반복작업 단순, 정형, 표준화 용이 사용고용

주) 자료 : 서울대학교 공학연구소 · (주) 금호건설, 건설안전관리론, 1996. 3

나. 기술분야별 공종별 특징 및 재해경향 9)

(1) 건축분야

(가) 흙막이공사

1) 특징

일반적으로 흙막이공사는 지반을 굴착하여 구조물을 축조하는 건설공사에 있어서 가장 기본적인 작업이다. 보통 설계가 흙막이로 되어 있는 공사는 지

9) 한국산업안전공단, 종합안전관리제도 개선방안에 관한 연구, 1997. 12.31

반이 연약하거나 작업장소가 협소한 경우와 지하수나 외부유입수로 인하여 작업 중 지반붕괴가 예상되는 경우에 주로 적용하며, 그 종류는 매우 다양하다.

작업장에 투입되는 장비, 도구, 기계 등이 복잡하여 작업이 혼재되어 이루어질 수밖에 없으며 주로 습기가 많고 연약지반 위에서의 작업이 수행되므로 환경적으로 위험요소를 많이 내재하고 있다.

2) 재해경향

- 빔이나 흙막이 토류판 등의 변형에 의한 침하 및 붕괴
- 자재가 대개 중량물이므로 인양 로우프의 취급 및 선정 부주의에서 오는 낙하 및 충돌
- 작업자가 장비의 작업반경내에 진입으로 회전이나 굴착시에 협착, 충돌
- 부재 위로 이동하거나 그 위에서 작업하다 추락
- 주변 건축물이나 시설물 지반의 지하수 배출로 인한 붕괴 및 도괴

(나) 비계공사

1) 특징

비계작업은 강관파이프를 운반하여 외부비계, 낙하물방지망, 추락안전시설을 설치 또는 해체하는 작업이다. 고소작업인 반면에 작업발판도 없이 강관파이프에 의지하여 이동하면서 작업을 해야한다. 대부분의 작업자들은 안전벨트 착용자체를 기피하는 경우가 많은데, 이는 잘못된 작업관행과 습성에 기인한다. 비계설치는 구조상 브라켓을 층별로 교차 설치해야 하는데 반하여, 같은 층으로 하는 경우가 대부분이고 연결부분도 교차 조립하여야 하지만, 시간이 많이 소요되는 이유로 같은 방향으로만 설치하고 있다.

비계작업시에는 주변을 통제하여야 하나 인력이 부족하여 통제를 하지 않는 경우가 많으며, 비계설치 높이는 신축되고 있는 건물 바닥 층에서 2미터 이상

설치하여야 안전벨트를 걸고 작업을 할 수 있으나, 비용절감 차원에서 1~2개 층은 비계가 설치되지 않은 상태에서 구조물 공사가 진행되는 경우도 있다.

2) 재해경향

- 재해는 설치작업보다 해체 작업시에 주로 발생
- 자재나 부산물이 낙하되면서 비계연결 부분에 타격을 가하여 클립이나, 연결부분의 점검 미비로 작업구간 이동시 추락
- 능률이나 작업습성으로 인하여 안전벨트를 지급해도 착용치 않으려는 경향이 많으며, 이에 대한 안전관리가 이뤄지지 않아 작업자의 불안정한 행동이나 작업 중 추락
- 파이프를 인양하던 중 외부비계 또는 모서리에 닿아 파이프가 빠지면서 낙하되어 주변을 통행하던 작업자가 맞는 재해
- 추락 및 낙하물방지망은 비계를 해체해 내려오면서 순차적으로 해체하여야 하는데 상부에서 해체된 파이프를 던져 걸리지 않도록 하기 위해 낙하물방지망을 먼저 해체하므로 상부작업 중 비계의 흔들림으로 발생하는 추락

(다) 구조물 공사

1) 특징

구조물 작업은 크게 형틀(거푸집)작업, 철근가공조립작업, 콘크리트타설작업으로 이루어진다. 형틀작업의 경우는 목적 구조물의 형태에 따라서 기능의 난이도가 다양하며, 특히 신제품의 형틀이 속속 개발되고 있어 고도의 기능을 요한다. 주로 콘크리트 작업과 병행하여 계약하는 경우가 많고, 현장에서 안전상 가장 문제를 많이 일으키는 직종중 하나이다. 철근 작업은 근로특성상 비교적 이동이 심한 편이며, 건설현장에서 안전의식이 가장 결여된 직종중의 하

나이다.

작업발판은 B/T 비계발판, 강관 비계발판이 주를 이루고, 이외에도 사다리나 소형 각주비계 등을 사용하는데 재해의 70% 이상이 작업발판을 사용하다가 발생한다. 구조물 작업시는 중량물의 이동·운반이 필수적이기 때문에 중장비가 사용되는데, 최근에는 주로 고정식 크레인이 사용되며, 이외에 이동식 차량 크레인이나 굴착장비인 백호우(Backhoe)를 사용하기도 하는데 상당히 위험하여 반드시 점검하여야 할 운반형태이다.

2) 재해경향

- 슬래브 단부의 형틀 및 철근, 콘크리트 타설작업시 미끄러지면서 추락
 - 측벽 갱폼 조립 해체시나 삼발이를 이용하여 인양할 때에 삼발이가 휘거나 강풍 또는 인장철선의 절단, 안전대 미착용상태로 갱폼에 지지하고 있다가 중심을 잃고 추락
 - 슬래브 단부에서 작업발판을 설치하지 않은 상태로 하층으로부터 상층으로 거꾸집을 인력으로 주고받다가 추락
 - 엘리베이터, 피트내부 작업시 작업발판 지지 부실에 의한 추락
 - 각종 개구부 덮개를 부실하게 설치하거나 추락방지망 미설치로 인한 추락
 - 와이어로우프 절단으로 인한 인양물(거꾸집, 각재, 등)의 낙하로 인한 재해
- (라) 방수방습공사

1) 특징

방수작업은 작업장소 및 특성에 따라 시공방법이 달라지며, 이로 인하여 재료 및 시공과정이 다르게 나타난다. 작업은 면처리·조명시설·작업발판설치·파취·방수작업·발판해체의 작업과정을 거쳐 공정이 마감되는 비교적 복잡한 과정을 거쳐야 하며, 쉬트방수 및 에폭시 방수작업은 위험성이 높은 과정

을 거쳐야 하므로 작업시 주의가 요구된다. 작업자는 작업과정에 따라 필요한 도구 및 기구를 사용하여 작업하므로 사용법을 완벽하게 숙지하고 사용하여야 한다. 에폭시 방수작업에는 밀폐된 공간의 산소농도 측정 및 화기장치 등을 설치하여 공기를 환기시킨 후, 내부에 들어가 작업하도록 하고 1명은 외부에서 작업자의 상태를 관리감독 하여야 하는데 이러한 과정자체를 인식하지 못하거나 무시하는 경향이 있다.

2) 재해경향

- 투광기를 잡고 이동중 전선인출구 부위의 전선 훼손으로 인한 감전
- 에폭시 코팅작업 중 밀폐된 공간에서 산소부족으로 인한 질식
- 아스팔트 가열 중 가마주변에 세워 놓은 가스통의 폭발

마) 조적공사

1) 특징

기능을 습득하는데 그다지 어려움이 없는 단순 근로형태이며, 근로자의 이동이 특히 심하여 타 직종에 비해 여성근로자가 비교적 많다. 리어카 운반이 많으며 작업발판도 규격화된 것을 사용하기를 기피하고 현장에서 쉽게 구할 수 있는 가설재를 주로 이용하려는 습성이 있고 더욱이 안전난간대의 설치필요성에 대하여 중요하게 생각하지 않는다.

2) 재해경향

- 리어카가 자재를 들어올리기 쉽도록 불안정하게 제작되어 있고 운반 통로가 불안정하여 과다 적재운반시 전도 및 협착·충돌
- 벽돌을 많이 실은 리어카를 건설용 리프트에 문을 닫지 않은 상태로 싣고 올라가다가 진동에 의한 낙하물 추락
- 작업당일에 벽돌을 쌓은 즉시 각재나 단관비계를 이용하여 지지대를 설치

해야 하는데, 이를 무시하고 일일 쌓기 높이(보통1.5m이하)를 초과하여 붕괴되어 쌓은 벽돌과 함께 전도

(바) 미장공사

1) 특성

미장공사는 비교적 단순한 기능을 요하는 작업으로 숙련공과 미숙련공의 구분이 확실하다. 주로 실내작업이지만, 실외작업일 경우 한 장소에서 작업하는 시간이 타 작업에 비해 많이 소요되므로 안전모 등 보호구 착용을 꺼려하는 습성이 있다. 미숙련공의 경우도 조공으로 쉽게 일을 습득할 수 있고, 단순한 인력운반이 많은 관계로 여성작업자가 많이 투입된다. 작업발판으로는 주로 현장 가설재인 폐합판, 각재, 비계, 드럼통 등을 이용하여 쉽게 간단히 제작하여 만들려는 작업자들의 습성 때문에 불안전한 구조를 이루는 경우가 대부분이다.

2) 재해경향

- 작업발판이 도괴 및 붕괴되어 추락
- 작업발판에서의 헛디딤으로 전도 및 추락
- 표준작업발판 대신 페인트통, 드럼통 등을 사용, 그 위에서 작업 중 균형을 잃고 추락

(사) 타일공사

1) 특성

타일작업은 단순형태의 작업이며 소수인원이 작업을 한다. 작업량에 따라 현장출입이 일정치 않고 운반과정을 제외하곤 대부분이 내부에서 이루어지므로 관리 및 통제가 어려워 작업자들이 보호구 착용을 기피하려는 관행이 높다.

2) 재해경향

- 믹서기를 건물의 가까운 곳에 설치하므로 건물내부 청소시 쓰레기를 밖으로 투기하여 믹서기에서 작업하다가 낙하물에 의한 충돌
- 믹서기의 전용분전반이 커버나이프 스위치로 되어 있어 작동시 손에 묻은 물기로 인한 감전
- 타일 인력운반시 많은 량을 운반하다가 전방을 미확인으로 인한 전도 또는 개구부 등으로 추락

(아) 창호공사

1) 특징

창호작업은 재질에 따른 시공방법의 차이로 재해의 위험 정도도 차이가 있다. 건물내부 및 외부의 고소작업이 포함되어 있어 위험성이 상존하고 있으며 필요시에만 현장에 투입되어 작업을 하게 되므로 작업자들의 안전의식이 미비한 실정이다. 아파트 등의 대형창틀은 실내운반이 불가하여 원치 등을 이용하며 인양하고 있으나, 원치 사용 미숙과 자재를 인양 중 외부비계에 걸리거나 접촉될 때가 많다.

2) 재해경향

- 창호작업을 위하여 외부비계로 이동 중 불안정한 작업발판으로 인한 추락
- 원치 사용 중 용량을 초과하여 인양하다가 원치드럼 와이어가 끊기면서 재료 및 원치포스트가 전도

(자) 유리공사

1) 특징

유리작업은 제단-운반-설치의 과정을 거치는 단순형태의 작업이다. 유리공사는 마감공정으로서 짧은 기간 내에 작업이 이루어지므로 작업자들의 안전의식이 미흡하여 보호구 착용을 대부분 기피하고 있다. 현장의 상황에 따라 내

외·부 작업이 이루어지며 특히 대형 창 인양시 외부에서 곤도라, 크레인 등을 이용하여 작업이 수행되므로 시공시 많은 위험성이 내포되어 있다.

2) 재해경향

- 빌딩 외벽 유리 코킹작업을 위해 달비계를 이용하려고 옥상 파라펫을 넘다가 수직 구멍로프 미설치로 인한 추락
- 곤도라를 이용하여 작업시 추락방지조치 불량(수직구멍로프 미설치, 안전대미착용) 및 곤도라 상부 고정 불량으로 인한 추락

(차) 지붕공사

1) 특징

도시의 미관을 위하여 최근에는 고층건물의 옥상부분을 금속기와 아스팔트 싱글 지붕을 설치하는 경향이 늘어나고 있다. 비계공사와 더불어 위험작업 중의 하나이나 근로자들의 안전의식이 미흡하고 안전시설 및 보호구 착용이 습관화되지 않아 다수의 중대재해가 발생하고 있다.

안전시설을 설치해도 지붕공사에서 외부비계가 모두 해체되는 경우가 있는데, 외부비계가 있는 발코니부분만 난간대 또는 안전대부착설비를 하고 측벽부분에는 안전시설과 안전대부착설비를 하지 않는 경향이 있다.

2) 재해경향

- 통상적으로 외부비계를 해체할 때는 지붕작업을 고려해서 그 시기를 결정하는 것이 아니고 전체 공정을 고려하여 해체하므로 지붕작업시에는 추락방지에 대한 안전시설이 미비한 상태에서 작업을 수행하다가 작업자가 추락하는 재해
- 1층이나 2층 정도에서 작업자의 안전장구 미착용 상태에서 작업하다가 부주의로 추락

(카) 도장공사

1) 특징

도장공사는 마감공정에 해당되므로 관리감독자들이 품질안전측면에서 세심한 관리가 요구되나, 공사가 진행되는 과정을 육안으로 확인할 수 있다는 점이 있어 대부분 색의 선택이나 공정진행확인 정도로 작업을 진행시킨다. 공사는 여러 가지로 분류될 수 있으나 크게 내·외부 구조물과 목재면 도장으로 분류할 수 있다. 작업조는 주로 5-10명이 팀을 이루어 이동하며 작업하고 내부작업인 경우는 여성 작업자가 많이 투입되는 특징이 있다. 이들 공사에서는 외벽 도장작업을 수행할 시에 달비계에 의존하여 작업하므로 위험이 비교적 큰 작업 중의 하나이다.

2) 재해경향

- 밀폐된 지하공간에서 작업 중 환기가 되지 않아 유해가스에 의해 질식
- 작업발판 위에서 작업중 우마의 웅이 등이 취약하여 부러지면서 추락 또는 전도
- 달비계의 와이어 로프가 절단되면서 추락

(타) 전기공사

1) 특징

전기작업은 골조공사와 병행하여 실시하는 작업으로 임시 수전설비 및 배관공사 입선, 등기구공사, 수배전시설 등을 설치하는 작업이다. 대부분이 옥내에서 이루어지며 사다리, 이동식 간이발판 등을 이용하여 작업을 해야 하는데 불안정한 사다리나 작업발판을 사용하는 경우가 많다.

전기작업은 많은 수공구 및 계기 등을 다루어야 하며, 배선의 정확성 등을 기하여야 하기 때문에 기술자의 전문성이 요구되나, 저임금으로 해결할 수 있

는 미숙련공 고용에 따른 안전사고나 품질이 확보되지 않아 원가관리에 막대한 영향을 끼친다.

2) 재해경향

- 전격방지기를 설치하지 않은 교류 아크 용접기를 사용하거나 전격방지기가 설치되어 있어도 전압이 떨어진다는 이유로 전격방지기 선을 연결하지 않고 사용하다가 감전
- 사용공구(드릴, 그라인더)에 접지를 하지 않고 사용 중 손에 땀이나 물기로 인하여 감전되거나 피복이 벗겨진 전선에 의한 감전
- 수배전반의 내부 활선 작업 중 부스에 접촉되어 발생하는 감전재해
- 불안정한 발판을 사용하여 등기구 취부작업 진행 중 추락하는 재해

(2) 토목분야

(가) 교량의 기초공사

1) 특징

R.C.D(현장 대구경 타설말뚝)공법은 교량 구조물의 상부 응력이 기초지반의 암반선까지 전달되도록 교량의 기초를 지지해주는 공법이다. R.C.D장비로는 Oscillator가 사용되며, 그 이외의 장비로는 주로 크레인과 바이브로헤머, 발전기 등이 있고 투입자재로는 여러 가지가 있으나 케이싱 원형 철제통, 트레미판, 철근 등이 있다. 이처럼 중기계를 이용하여 공사를 수행함에 따라 위험요소도 많이 내포하고 있다.

2) 재해경향

- 크레인 거치시 지반의 불량으로 인한 전도재해
- 장비 운전원과 작업 지휘자간에 신호가 맞지 않아 발생하는 자재와 장비의 충돌, 장비와 장비끼리의 충돌재해

- Out Rigger를 충분히 인발하지 않은 채 급히 서둘러 인양하다 전도하는 재해
- 와이어로우프의 손상·절단 및 잘못된 결속방법으로 인한 인양자재의 낙하충돌
- 작업원 이동 통로가 주로 빔이나 장비 또는 사다리 구조이므로 이동 및 작업 중에 헛디딤으로 인한 추락재해
- Barge선이 파도나 유수방향으로의 밀림으로 인해 발생하는 다른 구조물이나 장비와의 충돌 및 수반되는 작업원 추락, 협착 등 인명피해

(나) 교량의 교각공사

1) 특징

수상부의 기초작업은 수면 밑에서, 기초 위의 피어는 수면위에서 이루어지므로 장비가 Barge선이나 가교위에서 수면을 향해 작업을 하게 되므로 장비거치가 불안전하게 되는 경우가 있어 상대적으로 위험요소가 많은 편이다. 피어거푸집은 제작된 철제 기성품을 사용하는데 긴결은 볼트를 이용하며 각 선단마다 작업발판과 난간대를 설치하도록 되어 있다. 콘크리트타설은 펌프카를 이용하며, 철근은 제작장에서 별도로 가공한 뒤에 거치장소로 운반하여 크레인을 이용하여 인양·조립한다.

교각작업 중 가장 위험한 작업은 부력방지 브라킷을 케이싱에 부착하는 공종으로서 잠수부들이 잠수하여 수중용접을 해야하기 때문이다.

2) 재해경향

- 크레인, 항타기 등 장비거치 불안정에서 오는 전도재해
- 기초 흙막이 벽(Sheet Pile)을 사다리를 통해 이동할 때의 추락재해
- R.C.D두부정리시 소형 Crusher사용 부주의로 인한 협착 전도재해

- 교각 거푸집에 조립된 작업발판 부실과 난간대 미설치로 인한 추락재해
- 크레인 등의 인양장비로 중량물 인양시 와이어 로우프 절단 및 결속 불량으로 인한 자재 낙하 및 협착재해

(다) 교량 슬래브공사

1) 특징

거의 전 공종이 수상에서 이루어지며 MSS장비를 이동해가며 교량의 상부 Slab를 형성해간다. 기술상 조건을 엄격히 지켜야만 소용의 품질을 얻을 수 있으므로 기능공들도 전문성이 매우 높은 편이다. 주로 각 소공종 단위로 팀을 이루어 근로하는 형태이며 장비나 특수자재를 소유하고 있는 것이 대부분이다. 기능공들의 안전의식은 전문성에 비해서는 매우 낙후된 편이다.

2) 재해경향

- 크레인으로 장비인양중 와이어 로우프 절단, 결속 방법 불량 등으로 인한 낙하물 충돌
- 각종 크레인 조종원과 작업원간의 신호가 맞지 않아 발생하는 충돌재해
- 상하 동시작업으로 발생하는 각종 부속의 낙하물 충돌재해
- 작업특성상 장비나 부재위의 이동이 불가피함으로 인해 돌출부에 걸리거나 미끄러져 추락
- 용접에 절단기, 연마기 등 각종 전동공구 취급부주의에서 오는 감전재해

(라) 지하철 토공 및 가설 공사

1) 특징

지하철 공사에 있어서 주 구조물을 축조하기 위하여 가장 먼저 시공이 들어가는 공종은 토공 및 가설작업이다.

토사굴착은 대개 백호우, 크렘셀로 상차하여 덤프트럭으로 반출하게 되며 암

노출시는 착암기로 파쇄하거나 발파작업을 병행하며, 보통 집토는 불도저, 파워쇼블을 이용한다.

작업원들은 비계공, 용접공 등으로 이루어져 있고 작업에 따른 위험도는 상당히 높은 편이어서 장비와 병행하는 작업의 경우 세심한 안전관리를 요하는 공종이므로 안전관리자배치와 작업전 안전교육은 필수적이다.

또한, 위험성이 높은 공종은 지하매설물에 대한 안전관리인데 주로 상수도관, 도시가스관, 전화케이블, 우·오수관, 지하전선 등 많은 기존 구조물이 매설되어있는 구간에서의 작업은 이 매설물을 매달든지, 받쳐주어 구조적 안정을 유지시켜 나가는 것이 토공 및 가설 작업의 주요 쟁점이다.

2) 재해경향

- 줄파기 작업시 인력굴착구간을 장비로 굴착함으로 인한 지하매설물이 손상되거나 파괴되는 재해
- 오거 드릴이나 크레인 등의 이동이나 작업중 고압전선접촉 및 타장비와의 접촉재해
- 대형장비의 정비 및 작업시 지반불량과 불균형으로 인한 전도재해
- 용접기 및 각종 전동기 사용시 부주의로 인한 감전, 협착재해
- 크레인으로 자재 및 장비의 인양·운반·거치시 와이어 로우프의 손상 및 결속방법 잘못으로 인하여 발생하는 협착, 충돌 및 낙하물 재해
- 작업원과 장비의 병행작업시 신호불일치로 발생하는 충돌, 협착 및 전도재해
- 스트러트 상부 이동시 몸의 중심을 잃고 떨어지거나 스트러트 위에 있는 잔돌이나 볼트 등의 잔재물 낙하에 의한 재해

(마) 지하철 구조물 및 방수공사

1) 특징

지하철공사에 있어서 최종목적물은 지하철의 궤도를 설치할 수 있는 구조물을 완성시키는 것인데, 구조물은 지중에서 구조적인 안전성과 함께 방수의 완성도가 결국 품질을 좌우한다고 말할 수 있다.

일련의 구조물 제작공정은 지표면보다 낮은 곳에서 작업이 수행되므로 작업 환경이 열악하다. 이 구조물은 형태에 따라 다소 상이할 수는 있지만 크게 기초바닥, 벽체 그리고 슬래브로 구분할 수 있으며 각 공종이 진행될 때마다 방수작업이 진행된다.

2) 재해경향

- 구조물 콘크리트 타설시 동바리 지보공의 부실로 인한 붕괴재해
- 크레인을 이용하여 자재 인양시 로우프가 절단되거나 잘못된 결속으로 인한 낙하물 재해와 흔들림으로 인한 협착, 충돌 재해
- 작업발판을 설치하지 않거나 잘못 설치 또는 안전난간대 등의 설치부실로 인한 추락재해
- 각종 전동공구의 사용잘못이나 전선손상부위의 누전 등으로 인한 감전재해

(바) 지하철 차수공사

1) 특징

공기압이나 유압을 이용한 장비, 장치를 주로 사용하므로 소음이 많으며, 근로자는 대개 일용직이며, 작업규모에 비해 인원이 많이 동원되지는 않으나 사고위험은 다소 많은 편이다.

2) 재해경향

- 크레인을 이용하여 중량물 인양시 와이어 로우프의 절단 및 결속불량으로

인한 낙하물 충돌재해

- 시멘트 및 약액 사용 부주의로 인한 피부 안구손상 및 각종 전기 모터 사용시 연결부의 절연부실 및 전선피복 손상에서 오는 누전으로 인한 감전 재해
- 호수류가 산재하여 작업원 이동시 호수에 걸려 전도되는 재해

(사) 아스팔트 포장 도로공사

1) 특징

도로공사는 크게 나누어 측량, 토공, 구조물, 배수공, 노상, 기층, 표층 등의 순서로 작업이 이루어지는데, 작업장이 길이가 길고 산재해 있는 특징이 있어 특별관리가 요구된다.

2) 재해경향

- 흙관하차중 경사지에서 구르는 흙관에 깔림
- 차량통행의 차단, 유도의 잘못으로 인한 추돌, 충돌, 접촉등 교통사고
- 절토사면작업 중 굴삭기가 불균형상태로 굴착하던 중 전복하여 구르는 사고
- 토사운반하는 덤프 트럭의 과적과속으로 인한 낙석 및 교통사고
- 옹벽 등의 콘크리트 타설시 지보공 부실 및 1회 타설량 초과로 인한 붕괴
- 아스팔트 콘크리트 포설작업시 운행중인 다짐 장비에 충돌하는 사고

(아) 터널공사

1) 특징

지하철공사에 있어서 터널은 일반적으로 널리 시행되고 있는 공사중 하나인데 그 공법이 다양하고 그만큼 위험이 많은 편이어서, 일단 사고가 발생하면 대형 붕괴사고로 이어질 가능성이 있다.

2) 재해경향

- 하절기에 장마·홍수로 작업장이 침수되면서 발생하는 붕괴, 감전재해
- 지하수위가 변화하면서 주위 건물들과 지하매설물들의 부동침하에 의한 크랙 발생 및 매몰, 전도재해
- 터널 굴착을 진행하는 작업장이 협소하므로 장비와 작업원간에 충돌·협착 재해
- 발파작업시 불발탄 처리과정과 발파과정에서 대피 부주의로 인한 비래재해

5. 건설안전관리제도

가. 국내

단위 건설현장의 안전관리체제는 산안법의 제1차 전면 개정('90년)으로 사업주의 책임을 기본원칙으로 생산라인상의 관리감독자가 안전활동을 하도록 구현되었으며 안전관리자는 지도 조언, 또는 보좌하는 역할을 맡고 있다.

산안법에는 사업주를 대신하여 안전보건 관리책임자로서 안전관리자, 보건관리자, 관리감독자, 안전담당자 등의 선임과 직무에 대해 규정하고 있다.

(1) 산업안전보건법

(가) 안전·보건관리 체제

1) 안전보건관리책임자 선임(법 제13조, 영 제9조, 시행규칙 제12조)

총 공사금액 20억원 이상인 공사를 수행하는 건설업에 적용된다. 안전보건 관리책임자는 당해 사업에서 그 사업을 실질적으로 총괄 관리하는 자이어야

하며, 사업주는 관리책임자를 선임한 때에는 노동부령이 정하는 바에 의하여 선임한 날부터 7일 이내에 노동부장관에게 이를 보고하여야 한다.

2) 관리감독자(법 제14조, 영 제10조)

사업주는 당해 사업장의 관리감독자에게 당해 직무와 관련된 안전·보건상의 업무를 수행하도록 하여야 하며, 위험방지가 특히 필요한 작업에 있어서는 당해 작업의 관리감독자를 안전담당자로 지정하여 안전업무를 수행하도록 하여야 한다.

- 당해 작업에 관련되는 기계, 기구 또는 설비의 안전·보건점검 및 이상 유무의 확인
- 소속 근로자의 작업복, 보호구 및 방호장치의 점검과 그 착용, 사용에 관한 교육·지도
- 당해 작업에서 발생한 작업재해에 관한 보고 및 이에 대한 응급조치
- 당해 작업의 작업장 정리정돈 및 통로확보의 확인 감독
- 안전관리자의 지도 조언에 대한 협조

3) 안전담당자(영 제11조)

안전담당자는 안전보건책임자가 산안법에 정하는 작업에 종사하는 직원·집장·반장·조장을 안전담당자로 임명하여 임무를 부여하여야 하며, 협력업체의 작업책임자를 현장 안전조직상의 안전담당자로 지정하여 소속근로자를 직접 지휘·감독하도록 하여야 한다. 관리감독자 업무 외에 유해·위험 작업 특별 교육 중 안전에 관한 교육실시와 유해·위험 기계기구 및 설비에 대한 자체검사를 실시하여야 한다.

4) 안전관리자(법 제15조)

산안법 제15조에는 안전관리자를 두어야 할 사업의 종류·규모와 안전관리자의 수 및 선임방법에 관하여 규정하고 있다. 건설업의 경우에는 공사금액이

100억원 이상이거나 상시근로자 200인 이상을 사용하는 사업장에는 당해 사업장에서 전담 안전관리자를 두어야 한다. 안전관리자는 현장 안전관리에 관한 전문가로서 각종 사고예방 조치를 지킬 수 있도록 안전보건관리책임자를 보좌하고, 관리감독(책임)자 및 안전담당자에 대하여 이에 관한 지도·조언하며 다음 업무를 수행한다.

(나) 유해위험방지계획서

건설공사 단계에서는 주로 상세설계도면에 따라 이루어지는데, 건설공사 자체를 위해 필요로 하는 가설물 설치도면은 가설물의 일시성, 가변성 등의 특성 때문에 가설물 설치도면 없이 시공되는 경우가 많으며, 특별히 기술을 요하는 가설물에 한해 부분적으로 가설물 설치도면을 작성하는 것이 국내 실정이다. 모든 사업장이 형성되기 위해서는 설계단계를 거쳐야 하는데, 이 단계에서는 사업장의 규모, 기계설비의 배치, 기계설비의 조작순서, 작업방법 등은 물론 공사방법 등이 결정되므로 이 단계에서의 유해위험방지를 위한 계획을 수립하여야 한다.

계획서 수립을 사업주가 하도록 의무화하여 이 계획서에 산업안전보건기준이 사전에 반영되도록 유도함으로써 근원적인 안전보건을 확보하여 산업재해 예방에 기여토록 하는 것이 사전안전성 평가제도라고 할 수 있다. 사업장 설치전 또는 건설공사 착공전에 제출되는 유해위험방지계획서는 생산기술자인 설계자가 작성하게 되며, 이것은 모든 관련당사자가 참여하여 관심을 갖는 사업장설치 계획의 일부이기 때문에 이들에게 계획서 작성단계에서의 안전보건 기준을 준수하게 하고, 또한 이들을 대상으로 기술검토를 함으로써 안전의식 고취는 물론 안전보건 기술지도 및 교육효과를 가져오게 된다.

(다) 안전관리비의 계상 및 사용 및 중소규모 현장의 기술지도

표준안전관리비제도(산안법 제30조)는 건설업 근로자의 안전확보에 소요되는 비용의 계상 및 사용 제도이며 세계적으로 우리나라에만 있는 제도로써, 안전에 대한 투자를 기피하는 기업풍토에 대응하여 법적 강제력을 통하여 안전에 소요되는 비용을 계상하고 사용하도록 의무화한 것이다.

노동부 고시 '건설공사표준안전관리비계상및사용기준'이 1988년 제정된 이래 오늘날까지 6차례에 걸쳐 개정되었으며, 안전관리비를 인건비, 안전시설비, 안전장구비, 안전진단비, 행사 및 교육비, 건강진단비 등으로 구분하고 있다.

주요개정내용은 초기에는 안전관리비의 범위를 명확히 하기 위한 개정이었으며, 중기에는 지도, 감독의 효율성을 높이기 위한 공사진척에 따른 사용기준 등을 구체화하였고, 최근 개정에는 소규모 건설현장의 기술지도에 관한 내용이 주류를 이루고 있다.

(2) 건설기술관리법(안전관리계획수립)

산업안전보건법에서는 공사 수행 중 근로자의 안전보건과 쾌적한 작업환경 조성에 관한 내용을 규정하고 있으며, 건설기술관리법에서는 공사 수행 중 최적의 품질을 창출하는데 필요한 기술적인 내용을 규정하고 있다.

건설기술관리법 제26조의2의 근거에 따라, 건설공사의 발주자, 건설업자, 주택건설 등록업자는 건설공사의 안전을 확보하기 위하여 안전관리계획을 수립하고 이에 따라 안전점검을 실시하여야 하며, 건설공사의 발주자는 계약 체결 시에 건설공사의 안전관리에 필요한 비용을 공사금액에 계상하여야 한다.

건설기술관리법령 46조의2에 따르면 일정규모의 이상의 건설공사를 수행하기 위해서는 건설교통부령에서 정하는 바에 의하여 안전관리계획서를 작성하여 공사감독자 또는 감리원의 확인을 받아서 공사를 착수하기 전에 발주자에게 제출하여야 한다.

나. 외국 10)

(1) 일본

(가) 산업안전보건법제

우리나라의 산안법에 해당하는 일본의 법령은 「노동안전위생법」으로서, 일본의 노동안전위생법령과 유사한 점이 많다. 일본의 노동안전위생법령의 특징은 다음과 같다. 법령에 5년마다 주기적인 산업안전보건정책의 수립을 의무화함으로써 상대적으로 더 체계적이고 계획적인 정책의 입안 및 집행을 가능하게 한다.

정부의 사업장에 대한 규제와 감독인력은 비교적 충분하며 제재의 강도 또한 높다. 따라서, 만일 업체 내에서 중대재해가 발생하면 회사의 생존을 염려할 정도이다.

일본에서의 안전보건교육을 포함한 실질적인 재해예방활동은 중앙노동재해방지협회와 건설업재해방지협회 등 민간단체를 정부에서 지원하여 활용하고 있다. 민간단체의 규모나 역할이 안전공단과 순수한 민간단체로 나누어진 우리나라의 실정에 비해 더욱 조직적인 민간차원의 안전활동이 가능하다

(나) 정부의 규제 및 감독

일본정부도 기존의 건설재해 감소대책에 대해서는 많은 한계를 느끼고 있으며, 특히 건설산업의 산업재해를 전담하는 임시 부서로 우리나라의 건설안전추진반이라는 한시 조직과 유사한 건설안전대책실을 일본에서도 신설하여 건설재해의 적극적인 감소에 노력하고 있다.

10) 한국산업안전공단, 산업재해예방을 위한 제도개선방안에 관한 연구, 1997. 12. 31

일본 대부분의 건설안전대책은 원도급자로부터 말단 근로자에 이르기까지 현장종사자 전원의 참여를 유도하는 정책을 펴고 있다. 공사기간의 조정이나 공사비의 적산 등 공사의 안전을 간접적으로 저해하는 근본적인 문제는 건설성에서 다룬다.

(다) 건설사업장의 안전관리체계

일본에서는 공동도급이 발달하여 원도급자가 다수인 공사가 많으며, 대규모 종합건설업체의 경우 현장의 수요가 많아서 일정구역의 다수현장을 통합관리하는 지사의 역할이 크다.

건설재해예방대책 강화의 일환으로 법령을 개정할 때도 안전관리체제를 강화하면서도 지사에 안전관리자를 선임하도록 하고 있다. 공사착공 이전단계의 안전대책으로 일본에서도 공사계획의 수립과 심사를 강화하고 있다. 안전관리체계 측면에서 건설공사 전반에 직접적인 영향을 미치는 발주자나 건축주, 설계자 등의 참여를 유도하는 제도는 미비하다.

(2) 독일

사업장 안전관리자 선임에 관한 규정은 「사업장 안전보건 조직에 관한 법(ASIG)」 제5조에 규정되어 있으며, 사업주가 사업의 종류 및 그에 따른 근로자의 산업재해위험 및 건강위험, 종업원수 및 작업의 종류별 인원수 등을 고려하여 임명하도록 명시하고 있다. 상세한 사항은 업종별로 사업장 안전관리자에 대한 산재예방규정(VBG122)에서 정하도록 하고 있다. 사업주는 아래와 같은 사항들과 연계하여 사업장 안전보건조직에 관한 법(ASIG) 제6조에 명시한 임무를 수행할 수 있는 안전관리자(안전기사, 안전기능사, 안전마스터)를 임명하여야 한다.

- 사업의 종류 및 그에 따른 근로자의 산업재해위험 및 건강위험

- 종업원수, 사업장 내의 작업의 종류별 인원수
- 산업안전보건과 사고예방을 위하여 책임을 지는 사람들의 수 및 종류의 관점에서의 사업장조직
- 사업주의 지식과 교육, 또는 산안법(1996년 8월 7일 제정) 제13조 제1항 제1-3호에 의한 안전보건관련 책임자들의 지식과 교육

(3) 영국

(가) 관련법령 및 기구

영국의 건설안전 관리제도와 관련된 법령으로는 HSWA(1974), MHSW(1992), CDM(1994), CHSW(1996) 등이 있다.

정부의 건설사업장에 대한 규제감독체제는 상위 의사결정기구인 안전보건위원회(HSC)와 집행기관인 안전보건청(HSE) 및 지방조직이 있다. 건설사업장 내의 안전관리체제에 대해서는 비교적 최근에 시행중인 CDM제도를 중심으로 안전계획감독(Safety Planning Supervisor)이 있다.

(나) 정부감독제도

산업안전보건법령이 일원화되어 있고 이에 따라 감독기관도 일원화되어 있어 일관되고 강력한 산업안전정책의 집행과 감독을 가능하게 한다.

감독인력이 충분하며, 권한이 커서 사업장이 법령을 위반할 시 강력한 제재를 가할 수 있으며, 위반시 주로 벌금형으로 경제적인 유인책으로 활용되고 있다. 정부의 산업안전체제의 수립과 집행에 있어서 HSC의 정책수립기능과 HSE의 정책집행기능을 분리시키고, 정책수립기능에는 산업별 실무위원회와 사업주와 근로자대표 모두가 참여하는 의사결정체제로 규정이나 정책의 실효성을 높인다. 지역특성에 따라 전문성 있는 감독관을 배치, 활용함으로써 건설사업장에 대한 지도와 감독의 기능을 동시에 수행하고 있다.

MHSW와 같이 효과적인 안전관리를 독려하는 별도의 제도를 두고 있어 산업안전의 원리인 '관리상의 결함'의 제거에 충실하여 재해예방노력의 효과를 극대화한다. 정부기관에 의한 각종 규정의 개선과 사업장에 유용한 정보의 개발 및 보급은 정부의 가장 중요하면서도 기초적인 기능으로 되어 있다.

(다) 건설사업장 안전관리체제

건설공사의 수행과정에서 의사결정의 상위권자인 발주자로부터 건설공사 참여자 모두가 각자의 역할에 따라 책임을 지게 하는 CDM이라는 건설사업장에 적합한 안전관리체제를 시행하여 시공사위주의 기존 건설안전관리체제를 혁신하였다. 새로운 제도의 정착에 정책수단을 집중함으로써 영국은 세계적으로 가장 낮은 재해율을 기록하고 있다.

(4) 미국

(가) 직업안전보건법(Occupational Safety and Health Act. 1970)

세계최초의 종합 안전보건법으로 “미국내의 모든 근로자들에게 안전하고 건강한 작업환경을 확보해주고 인력자원을 보호한다.”는 목적을 갖고 법의 집행과 기술적 지원을 위해서 이 법에 근거하여 산업안전보건청(OSHA; Occupational Safety And Health Administration)과 국립안전보건연구원(NIOSH; National Institute of Occupational Safety and Health)이 설립되었다.

근로자 1인 이상의 통상업무에 종사하는 모든 사업장을 적용대상으로 하고 있으며, 자영업자(가사사용인, 자영업자), 군인 등을 제외하고 타 연방법의 적용을 받는 사업장과 연방·주지방정부 공무원들은 별도로 공무원 고용에 관한 법률의 적용을 받는다. 전문 31개조로 구성되고 하위 규정으로 미 연방규칙 제29장(29 CFR)에 안전보건관련사항을 규정하고 있다. 내용은 근로자 안전보건에 관한 기준, 연구, 교육 및 법의 집행을 주로 규정으로 하고 있으며 특히

법의 원활한 집행을 위하여 미국 산업안전보건청(OSHA)에 구체적 수단이 규정되어 있다.

(나) 건설관련 안전전문가의 역할

안전부서장의 임무는 다음과 같다.

- 안전조직을 관장하고 적정한 참모를 선발하고 관련사항 전달
- 모든 스텝과 관계자에 적절한 정보와 교육훈련
- 응급처치, 복지시설을 제공
- 안전보건 및 복지관련 다음 회계연도 예산계획 수립과 집행관리
- 상해사고, 질병 및 위험상황 발생보고에 관한 책임
- 모든 설계, 건설 및 관련활동의 안전대책 시기와 비용 보장

제 3 장 건설공사 재해통계 분석

1. 자료분류 체계

가. 기술분야별 시설물 분류

한국산업안전공단이 사업장의 재해현황을 조사하기 위하여 작성한 산업재해 조사표코드분류(이하 “KISCO 코드”라 함)체계에서는 시설물 종류만을 작성하고 있기 때문에, 본 연구에서는 기술분야별로 재해를 조사·분석하기 위하여 건설업계에서 일반적으로 인정되는 범위 내에서 각 시설물을 토목, 건축, 산업설비 등의 기술분야로 범주화하였다. <표 3-1>은 안전공단의 KISCO 코드분류기준이며 <표 3-2>는 건설업통계연보에서 분류하고 있는 기준이다.

<표 3-1> KISCO CODE에 의한 기술분야별 시설물 구분

기술분야	시설물 구분
건축	아파트
	주거·숙박시설(아파트 제외)
	상업·공공시설
	병원, 학교, 종교, 과학, 후생시설
	종합레저, 체육, 사교시설
토목	지하철·전철
	철도(지하철·전철 제외)
	도로(교량·터널 제외)
	교량
	댐·제방시설
	터널
	종합개발공사
	수처리시설
	해양항만시설
	항공수송시설
	석유화학플랜트
산업설비	금속제조설비
	비금속제조설비
	일반산업시설 및 폐기물처리시설
	발전소, 담수시설

<표 3-2>에서 보는 바와 같이, 대한건설협회 “건설업통계연보”의 분류가 안전공단의 KISCO 코드분류에 비하여 상세하다. 본 연구에서는 4장에서 시설물별 위험지수의 산정에 필요한 상시근로자수를 산출하기 위하여 <표 3-2>와 같이 대응시켰다. 건설업통계연보의 시설물별 공사규모와 계약건수를 바탕으로 상시근로자수를 산출하였으며, 이를 KISCO 코드분류에 의한 시설물별로 집계하였다.

<표 3-2> 시설물의 범주

KISCO 코드분류(채택안)		대한건설협회 건설업통계연보 분류
건축	아파트	저층아파트
		고층아파트
		초고층아파트
	주거·숙박시설	주거, 상업용 점용건물
		호텔, 숙박시설
		단독주택, 연립주택
	상업·공공시설	상가, 백화점, 쇼핑센터
		사무용빌딩
		관공서건물
		전시시설
토목	도로	창고, 차고, 터미널용 건물
		병원, 학교시설
	교량	종교용 건물
		공연, 집회장소
	댐·제방시설	경기장, 운동장
		댐
	종합개발공사	택지조성
		간척
		공업용지 조성
	해양항만시설	치산, 치수, 사방하천 및 운하
산업설비	터널	항만
		도로터널
	철도	철도터널
		일반철도
	지하철, 전철	고속철도
		지하철
	수처리시설	정수장
		하·폐수종말처리장
	석유화학플랜트	공장, 작업장건물
		위험물저장소
산업설비	일반산업시설 및 폐기물처리시설	에너지저장시설
		기계기구설치
	발전소, 담수시설	변·발전소용 건물
		발전소시설
	폐기물처리시설	쓰레기소각시설

나. 공종 분류

안전공단의 공종분류는 <표 3-3>과 같으며, 민간기업의 안전사고자료에서 정의하고 있는 공종분류와 일관성을 갖도록 유지하기 위하여 일부 공종을 다시 정의하였다.

<표 3-3> 공종 분류 체계

직종 분류(KISCO 분류체계)	채택안
토(기초)공사	흙막이공사
벽돌·블럭공사	조적공사
돌공사, 돌쌓기, 헐기, 해체·발파공사	석공사
단열공사, 온돌공사, 수장공사	보온공사
기계설비철거, 이설, 해체공사	기계설비공사
관접합, 부설공사, 하수·배수공사	토목배관 및 배수공사
지붕·흙통공사	지붕공사
도장공사, 방청공사	도장공사

다. 직종분류

직종에 관한 안전공단의 코드분류체계는 한국표준직업분류체계에 따라 구분되어 있으며, 전(全) 산업의 직종을 망라하고 있기 때문에 건설산업과 관련된 직종만을 골라내기가 어렵다. 따라서, 본 연구에서는 <표 3-4>에서 보는 바와 같이 민간기업의 건축공사와 토목공사의 분류체계에서 일반적으로 채용하고 있는 직종구분을 준용하였다.

<표 3-4> 직종 분류 체계

KISCO 분류체계	채택안
도장공, 건설도장공, 기타도장공	도장공
금속준비건설공	철골공
철근콘크리트공	철근콘크리트공
미장공	미장공
단열공	단열공
전기설비공, 전공	전공
운반기계운전공, 자동차운전자	중기운전공
노무자, 기타노무자	보통인부
지붕잇기공	지붕잇기공
용접화염공	용접공
벽돌타일부착공	타일공
연관배관공	배관공
벽돌공목공	조적공
전선가설접속공	케이블전공
목공소목공	목공
기계설비조립공	기계설치공

라. 재해발생시 재해자의 근무작업공정 분류(KISCO 코드)

<표 3-5>는 재해발생시 재해자의 근무작업공정이며 코드분류기준이 작업공정을 상세하게 기술해야 하기 때문에 다소 복잡하다. 여기서는 해체작업과 조립작업을 하나의 공종으로 정의하고 유사한 작업들을 묶어서 근무작업공정을 단순화하였다. 건설공사에 직접 관련되지 않는 도급작업, 세척작업 등은 제외하였다.

<표 3-5> 재해발생시 근무작업공정 분류 체계

근무작업공정 분류(KISCO 분류체계)		채택안
교체작업	가설물설치	
조립·설치작업	승강기설치, 형틀조립 거푸집조립, 비계설치·조립 크레인설치, 철근·탐재조립, 부품조립·설치	가설물작업 형틀작업 거푸집작업 비계작업 크레인작업 철근작업
해체작업	가설물해체, 형틀해체 거푸집해체, 비계해체 호이스트해체, 크레인해체 철근탐재, 레일해체 각재해체, 천장해체 부품해체, 기타해체	
운반·운송작업	자재운반, 기계장치운반 구조물운반, 기타운반	운반작업
파일작업	근입작업, 향타작업 기타 파일작업	파일작업
인양작업	철근인양작업, 유리인양작업 구조물인양작업, 기타인양작업	인양작업
마감작업	도색작업, 정리정돈작업 방수작업, 견출작업 출하포장작업, 미장작업 기타마감작업, 불임작업	도장작업, 방수작업 미장작업, 타일작업, 정리정돈작업, 견출작업
배선작업	-	배선작업
활선작업	-	활선작업
용접작업	-	용접작업
천공작업	-	천공작업
발파작업	-	발파작업
측량작업	-	측량작업
콘크리트작업	-	콘크리트작업
할석작업	-	할석작업
교량확보작업	-	교량확보작업
연마작업	-	연마작업

마. 사업장 규모 분류

안전공단은 사업장 규모를 근로자수에 따라 분류하고 있으며, 건설업계는 공사금액으로 분류하고 있다. 건설업체 산업재해발생률 산정기준 제4호의 상시 근로자수 산정식 11) 을 이용하여 공사금액별 사업장 규모를 산출하여 <표 3-6>과 같이 제시하였다.

<표 3-6> 사업장 규모 분류

상시근로자수	공사금액
5인 미만	3억원 미만
5인 이상 ~ 9인 이하	3억원 이상 ~ 6억원 미만
10인 이상 ~ 29인 이하	6억원 이상 ~ 18억원 미만
30인 이상 ~ 49인 이하	18억원 이상 ~ 30억원 미만
50인 이상 ~ 99인 이하	30억원 이상 ~ 60억원 미만
100인 이상 ~ 199인 이하	60억원 이상 ~ 120억원 미만
200인 이상 ~ 299인 이하	120억원 이상 ~ 180억원 미만
300인 이상 ~ 499인 이하	180억원 이상 ~ 300억원 미만
500인 이상 ~ 999인 이하	300억원 이상 ~ 600억원 미만
1000인 이상 ~ 1,999인 이하	600억원 이상 ~ 1,200억원 미만
2,000인 이상	1,200억원 이상

2. 한국산업안전공단의 표본 자료

- 11) 노동부고시 제95-4호, 건설업체의재해율조사및입찰참가제한등에관한규정(1995.2.18)
 상시근로자수=(연간 국내순수건설공사 실적액×노무비율)/(건설업평균노임단가×300)
 (노무비율=0.29, 건설업평균노임단가 : 1,609,686원/月)

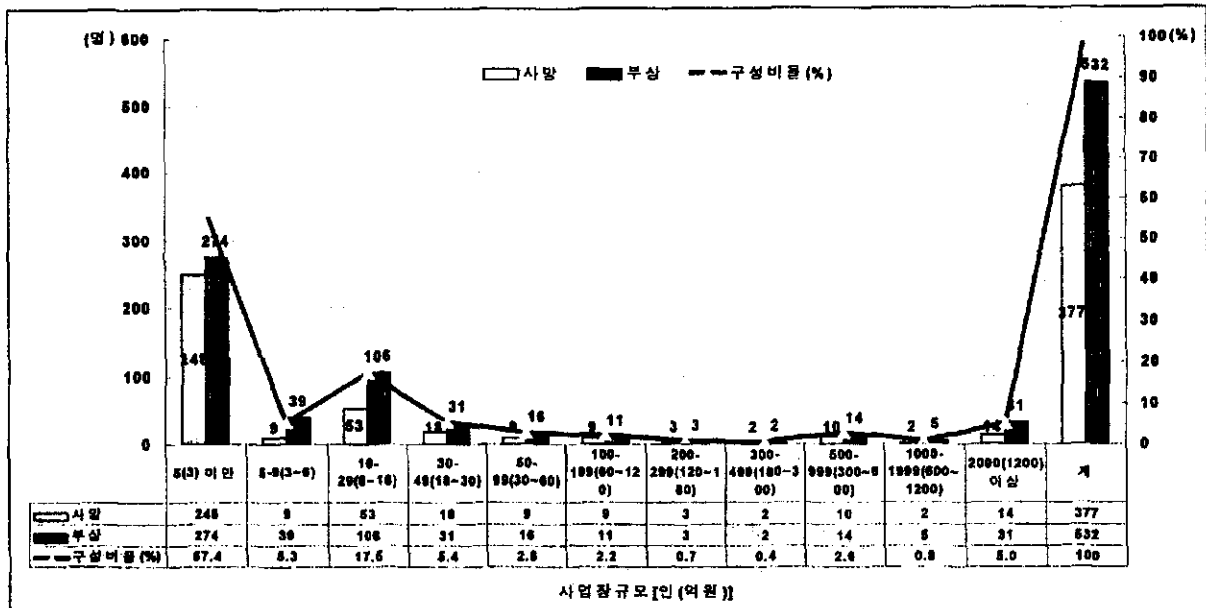
안전공단에서 전(全) 산업의 재해자료를 통계 분석한 “97년도 산업재해 원인 분석”을 이용하여 본 연구의 내용과 범위에 맞게 건설재해를 다시 분석하였다. 동 자료의 사망재해자수는 전수 조사한 것이며, 부상재해자수는 사망자와 직업병자를 제외한 전체 산업재해자의 5%를 표본 추출하여 분석한 자료이다.

기술분야, 시설물, 공종, 직종을 사업장 규모와 공정율에 따라 분석하였으며, 미응답 표본 수는 제외하고 분석하였기 때문에 분야별 총 합계는 차이가 있을 수 있다.

가. 기술분야별 사업장 규모별

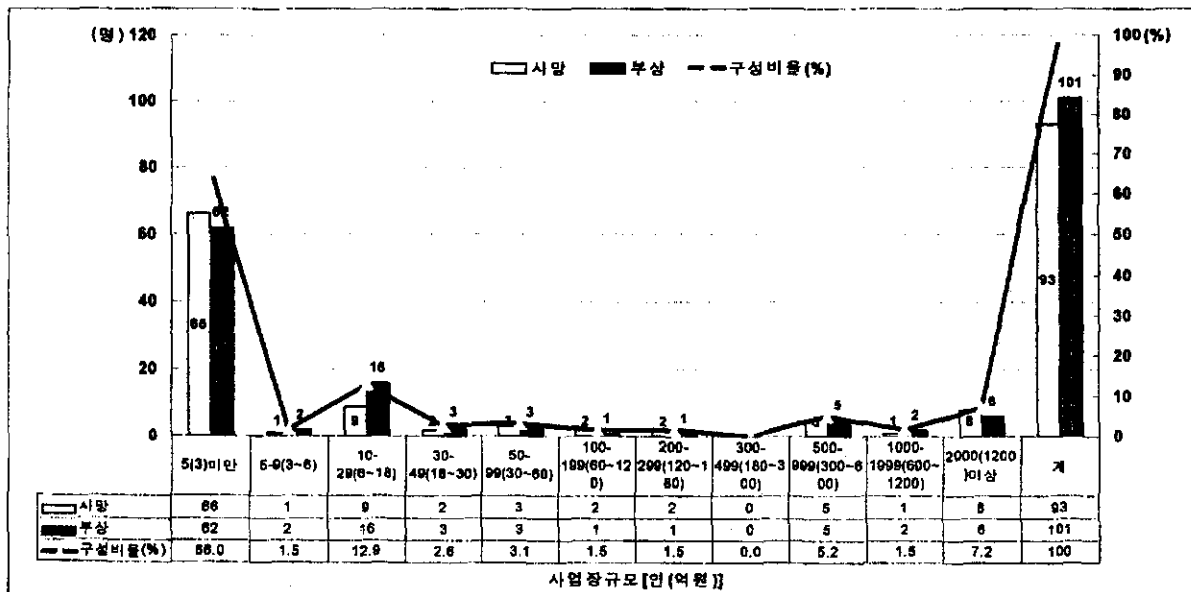
기술분야에 따른 사업장 규모별 재해자수는 [그림 3-1]~[그림 3-3]과 같다. 전(全) 기술분야에서 공통적으로 5인(3억원) 미만 공사규모에서의 재해발생비율이 50% 이상을 차지하고 있다. 10~29인(6~18억원) 미만의 공사규모에서도 재해가 많이 발생하고 있다는 점이 약간 특이하다. 산업설비분야는 사망재해자수가 부상재해자수보다 많아 재해의 치명도가 높고 토목분야와 산업설비분야는 5인(3억원) 미만의 공사규모에서 사망재해자수가 부상재해자수에 비해 다소 높음을 알 수 있다.

(1) 건축분야



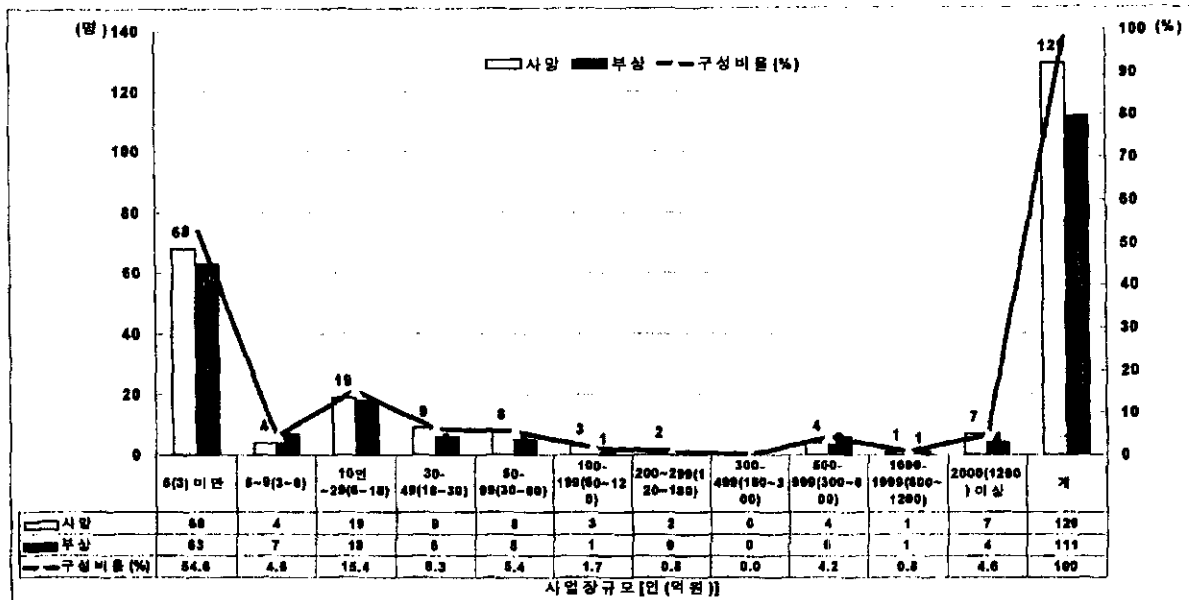
[그림 3-1] 건축분야의 사업장 규모별 상해정도별 재해자수

(2) 토목분야



[그림 3-2] 토목분야의 사업장 규모별 상해정도별 재해자수

(3) 산업설비분야

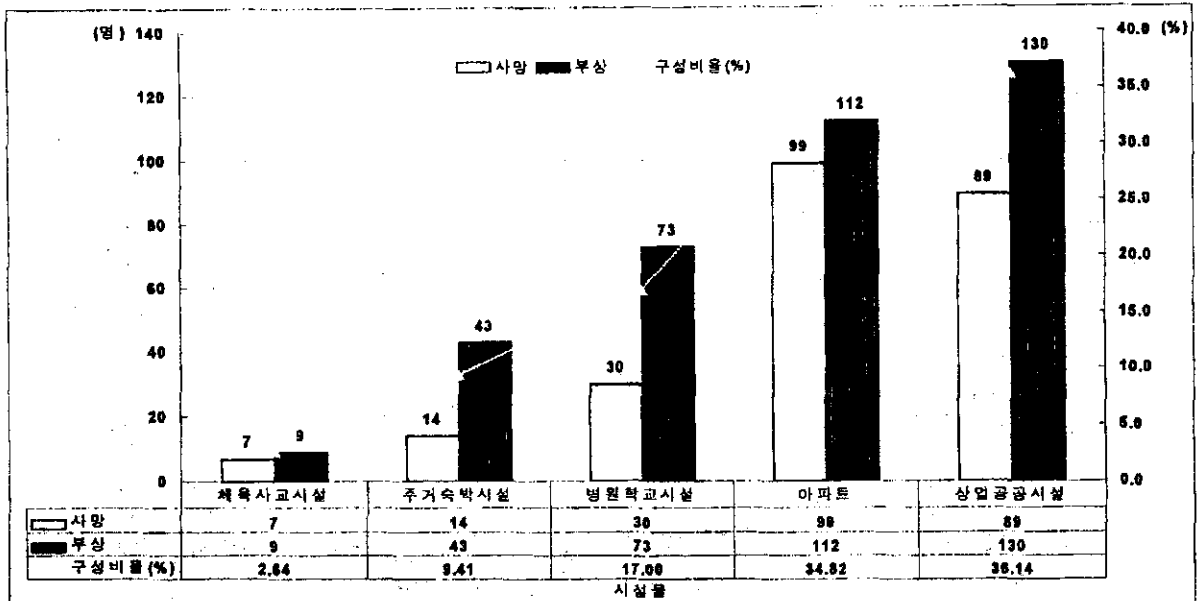


[그림 3-3] 산업설비분야의 사업장 규모별 상해정도별 재해자수

나. 시설물별

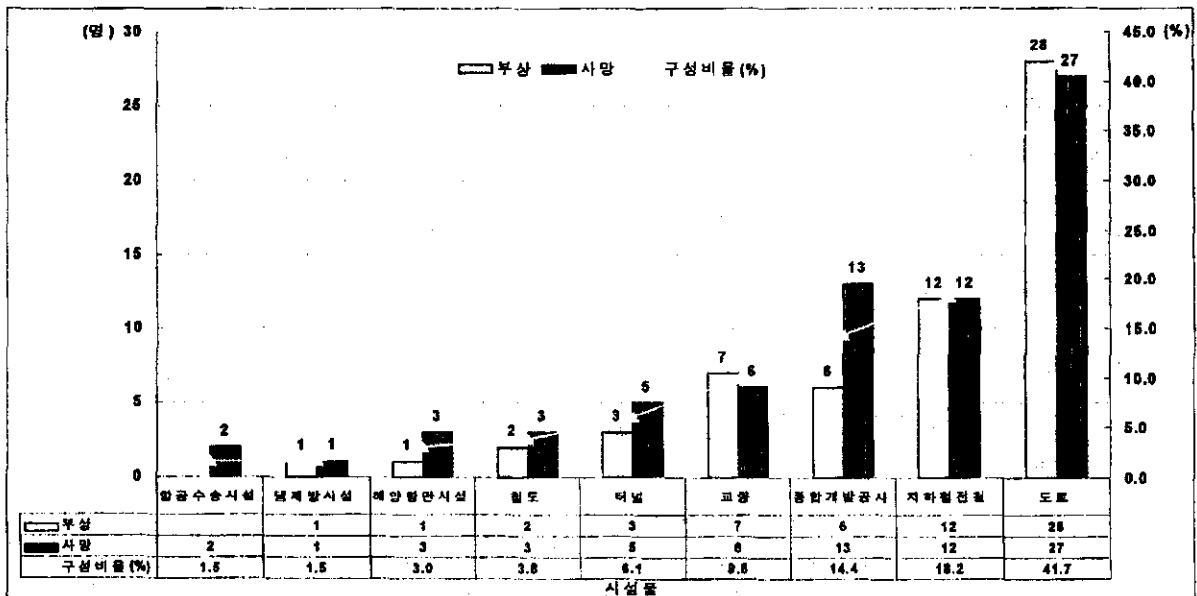
시설물별 재해자수의 분포는 [그림 3-4]~[그림 3-6]과 같다. 건축분야는 상업·공공과 아파트 시설에서 재해가 많이 발생하고 있으며, 토목분야는 도로, 지하철·전철 시설에서 사망재해가 많다. 산업설비분야는 석유화학플랜트와 폐기물처리시설에서 재해가 많이 발생하며, 석유화학플랜트를 제외한 모든 시설물에서 사망재해가 많이 발생하고 있다.

(1) 건축분야

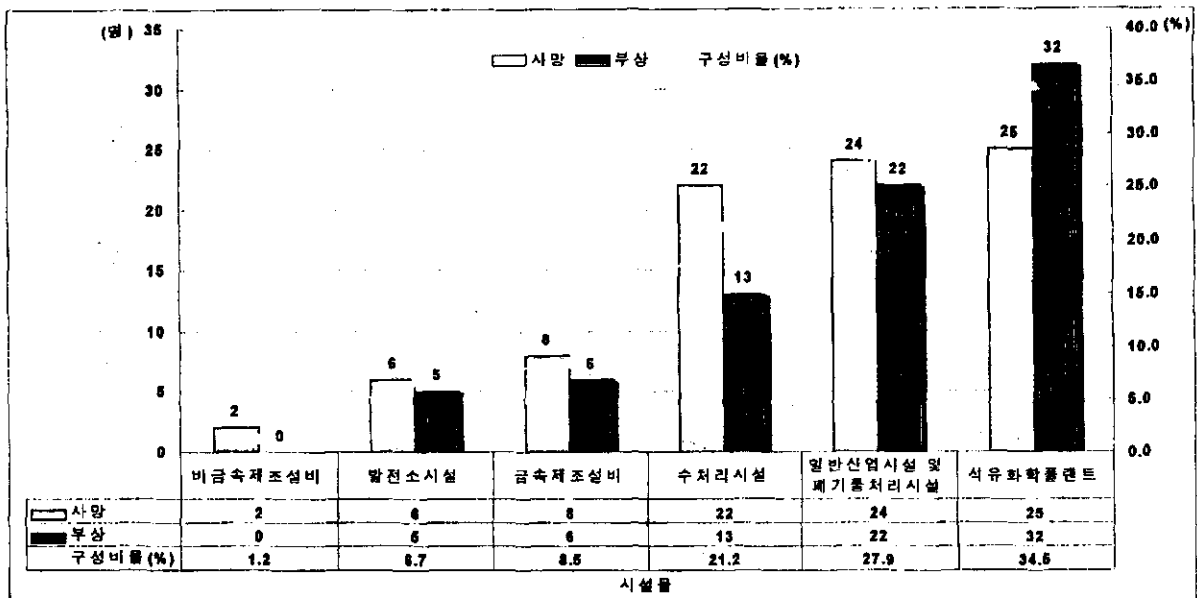


[그림 3-4] 건축분야 시설물별 재해자수

(2) 토목분야



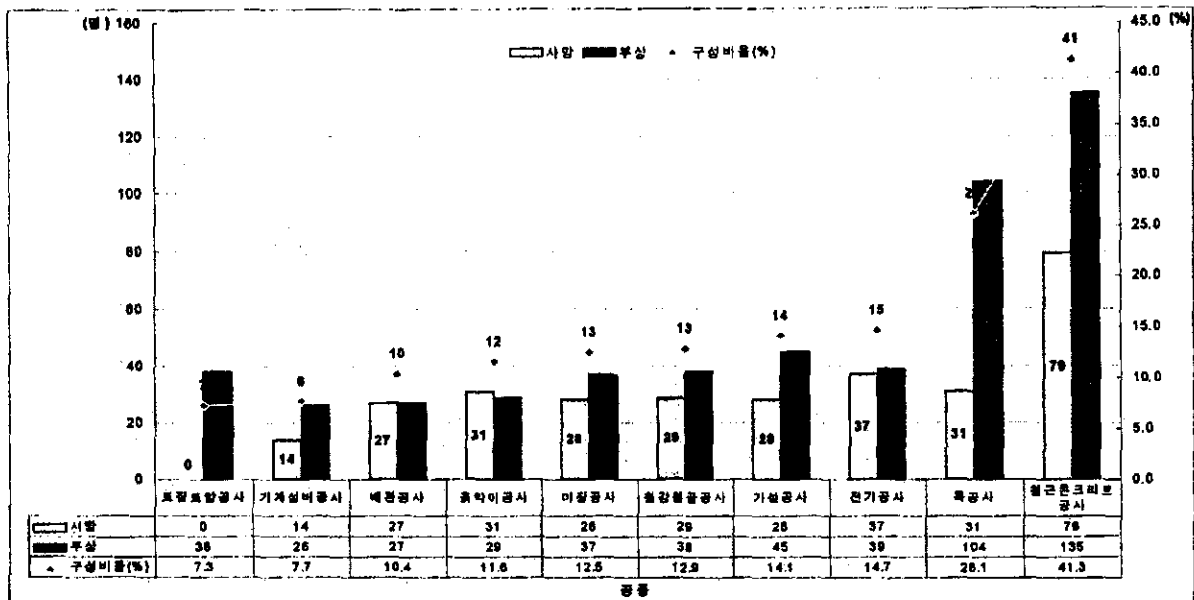
[그림 3-5] 토목분야 시설물별 재해자수



[그림 3-6] 산업설비분야 시설물별 재해자수

다. 공종별

공종별 재해자수의 분포는 [그림 3-7]과 같다. 콘크리트공사에서 가장 많은 재해자가 발생하였으며, 목공사와 전기공사가 그 다음으로 많은 재해가 발생하였다. 전기공사는 목공사보다 재해자수는 적으나, 사망재해자가 6명이 많아 목공사에 비하여 재해의 치명도가 높다고 볼 수 있다. 토양토질공사는 부상재해만 입는 것으로 보아 위험도는 낮다고 볼 수 있다.

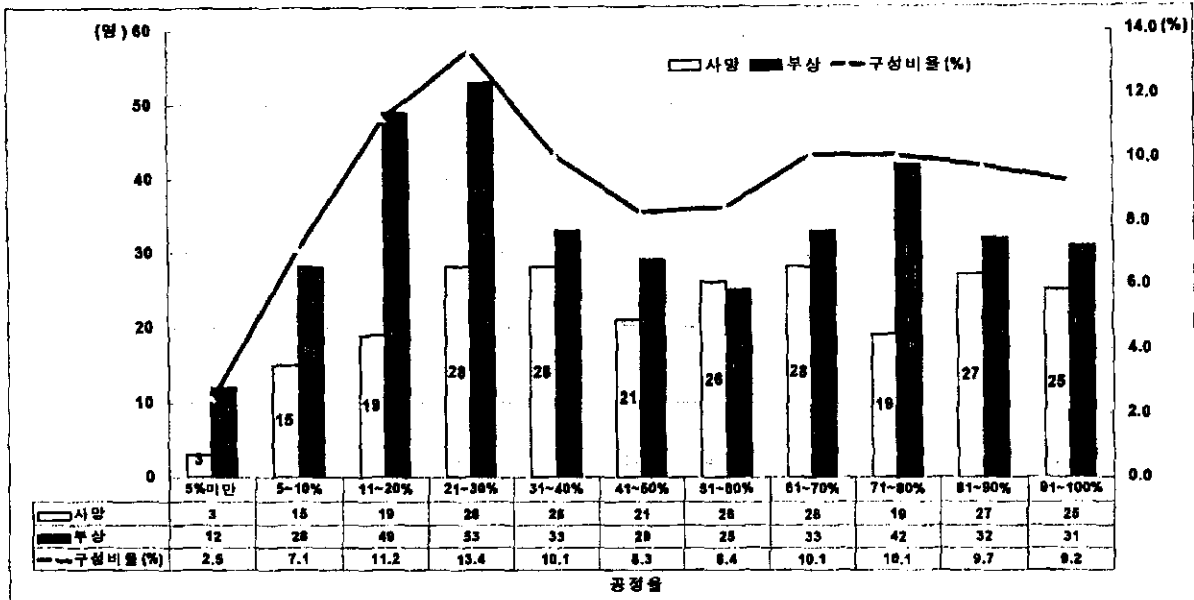


[그림 3-7] 공종별 상해정도별 재해자수

라. 공정유별

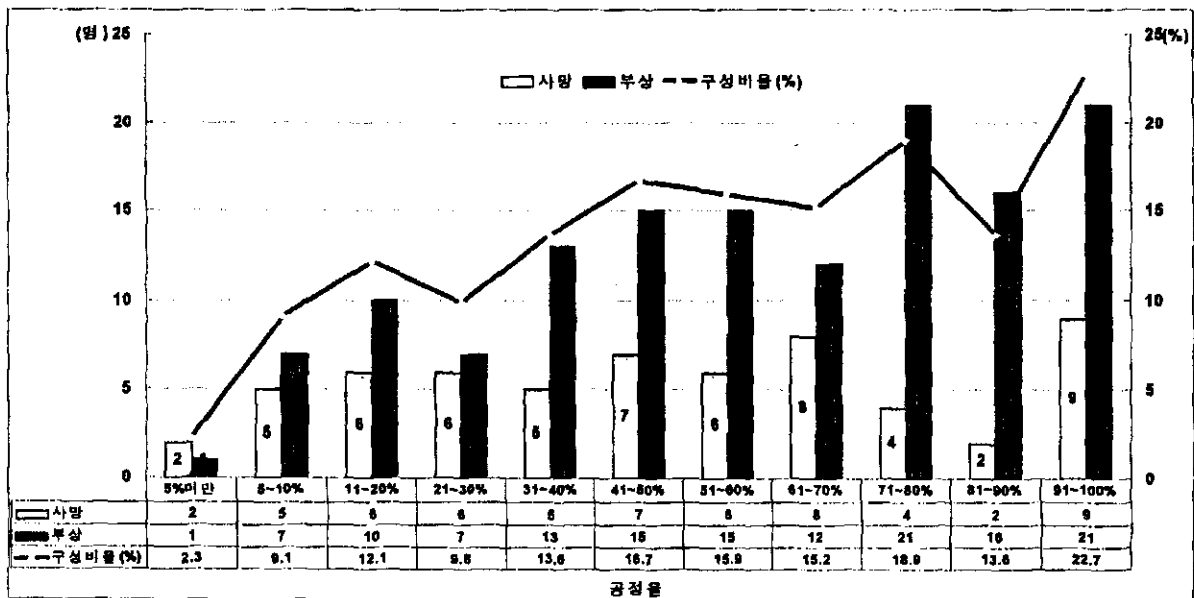
기술분야별로 공정유에 따른 부상 및 사망 재해자수는 [그림 3-8]~[그림 3-10]에 나타나 있다. 11~20%, 21~30%, 71~80%에서 부상재해가 사망재해의 약 2배 많이 발생하고 있으며, 공사 초기에 부상재해가 많은 편이다. 건축분야의 공정유 51~60%에서는 재해자는 적은 것으로 나타났으나, 사망재해와 부상재해가 유사하게 나타나고 있어 재해의 위험강도는 다른 공정유에 비하여 크다고 볼 수 있다. 토목분야는 공사가 진행됨에 따라 부상재해자수가 증대하고, 산업설비분야는 공사중반 이후에 사망재해자수가 증가하는 현상을 보이고 있다.

(1) 건축분야



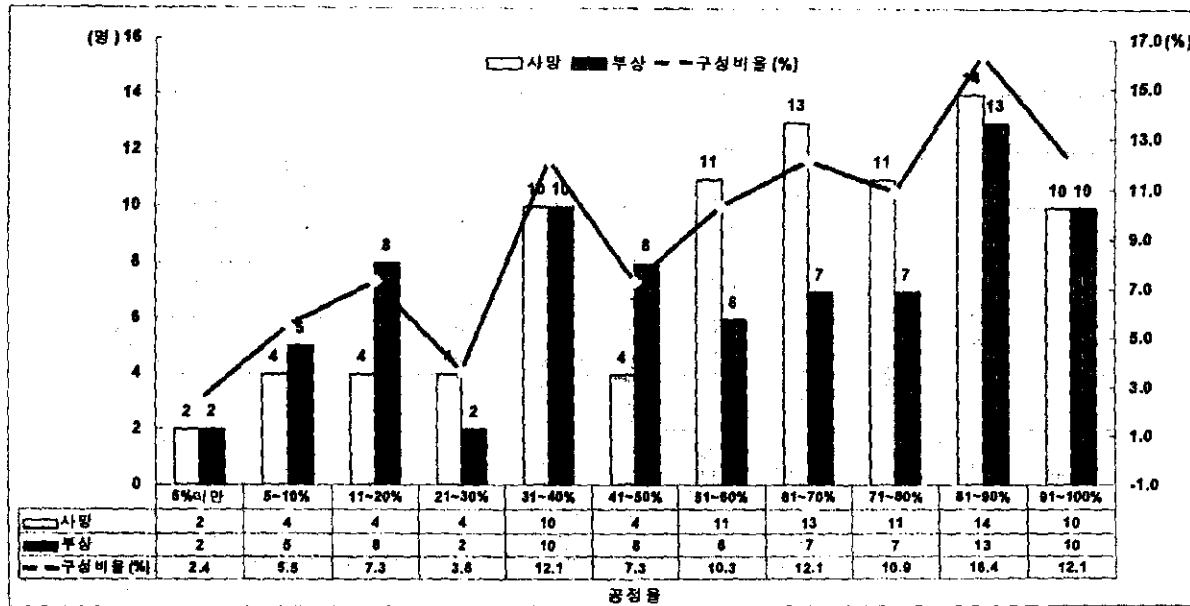
[그림 3-8] 건축분야 공정율별 상해정도별 재해자수

(2) 토목분야



[그림 3-9] 토목분야 공정율별 상해정도별 재해자수

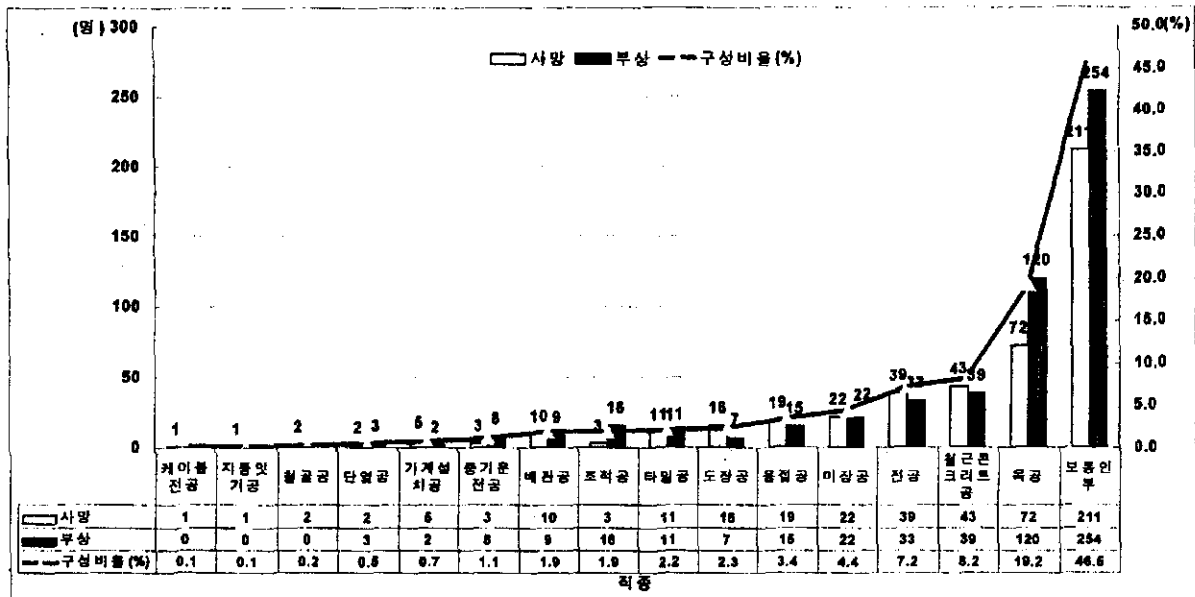
(3) 산업설비분야



[그림 3-10] 산업설비분야 공정율별 상해정도별 재해자수

마. 직종별

직종별 재해자수는 [그림 3-11]과 같다. 모든 기술분야와 전 공종에 걸쳐 공사에 참여하는 직종의 재해자수가 높게 나타났다. 예컨대, 보통인부가 가장 많은 재해를 입고 있으며, 목공, 철근콘크리트공, 전공도 재해자수가 많은 것으로 나타났다. 철근콘크리트공, 전공, 용접공, 도장공, 배관공 등은 부상자수보다 사망자수가 높게 나타나 재해의 강도가 다른 직종에 비하여 높다고 할 수 있다.

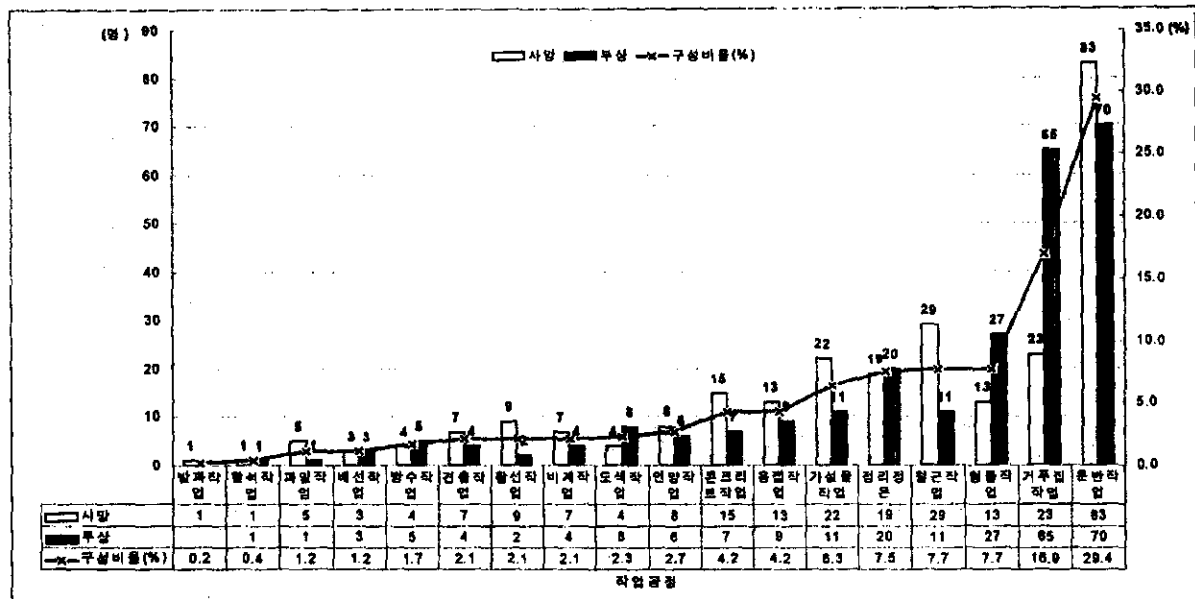


[그림 3-11] 직종별 상해정도별 재해자수

바. 작업공정별

건설공사의 작업공정에 따른 사망자수와 부상자수는 [그림 3-12]에 나타난 바와 같다. 운반작업에서 재해가 가장 많이 발생하고 있으며, 거푸집작업과 철근작업도 비교적 많이 발생하고 있다. 특히 운반작업의 경우 부상재해보다 사망재해가 13명 많은 83명으로 재해의 위험도가 높은 것으로 나타났다. 가설물작업은 재해자의 발생순위는 중간 정도이지만, 사망재해가 2배 많이 발생하여 이 작업과 관련하여 심각한 재해가 많이 발생하고 있다.

보통인부가 재해를 많이 입는 것과 유사하게 이들 직종이 주로 담당하는 정리정돈 작업에서 재해가 많이 발생하고 있어서 그 관련성을 추정해 볼 수 있다.



[그림 3-12] 작업공정별 상해정도별 재해자수

3. 산재보험금지급 관련 자료

'97년부터 '98년 사이에 산업재해보상보험금이 지급된 재해자료를 분석에 이용하였다. 안전공단에서 입수한 총 3,100개의 표본 중에서 인적피해와 휴업예정일수를 기준으로 시설물(공사유형), 공종, 작업공정, 직종 등으로 분류하여 위험 정도를 비교·분석하였다. 안전공단 코드분류에서 휴업예정일수는 <표 3-7>과 같이 하나의 확정된 숫자가 아닌 범위로 규정하고 있기 때문에, 이들 범위의 평균값을 휴업예정일수로 간주하였다. 각 분야별로 휴업예정일수와 재해자수가 비교적 큰 것만을 도시하였으며, 입수된 자료 중에서 공란으로 처리된 자료는 제외하고 분석하였기 때문에 각 구분에 따른 총 합계는 다르게 나타날 수 있다.

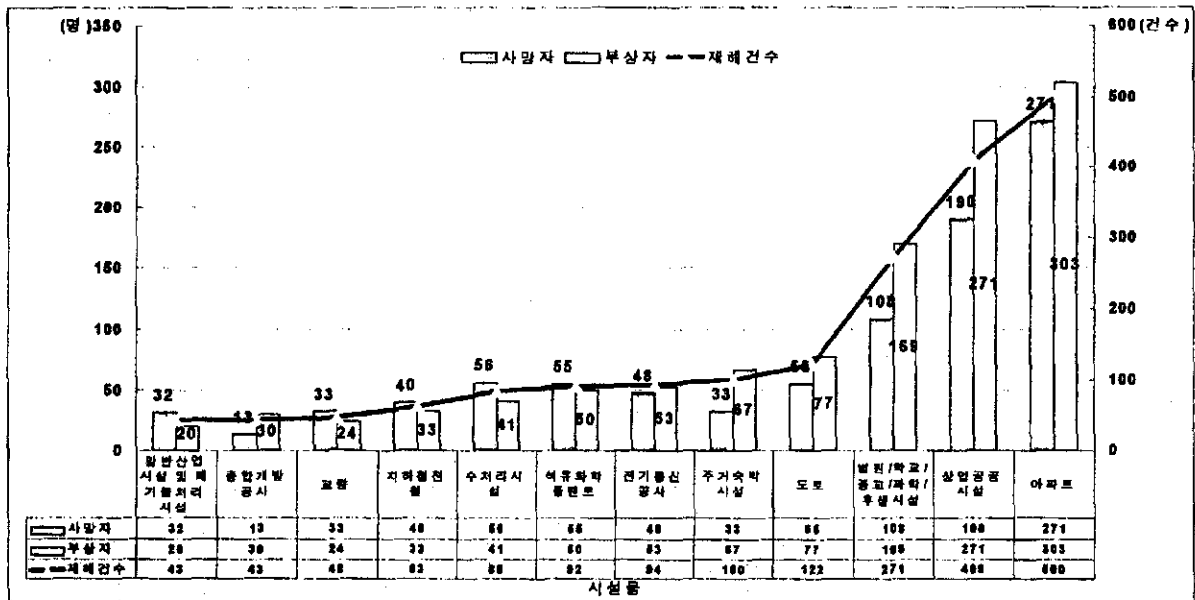
<표 3-7> 안전공단 휴업예정일수 코드분류

코드	휴업예정일수
1	4일 미만
2	4일 이상 ~ 7일 미만
3	1주 이상 ~ 2주 미만
4	2주 이상 ~ 4주 미만
5	1개월 이상 ~ 3개월 미만
6	3개월 이상 ~ 6개월 미만
7	6개월 이상 ~ 12개월 미만
8	1년 이상
#	분류불능

가. 시설물(공사유형)별 재해현황

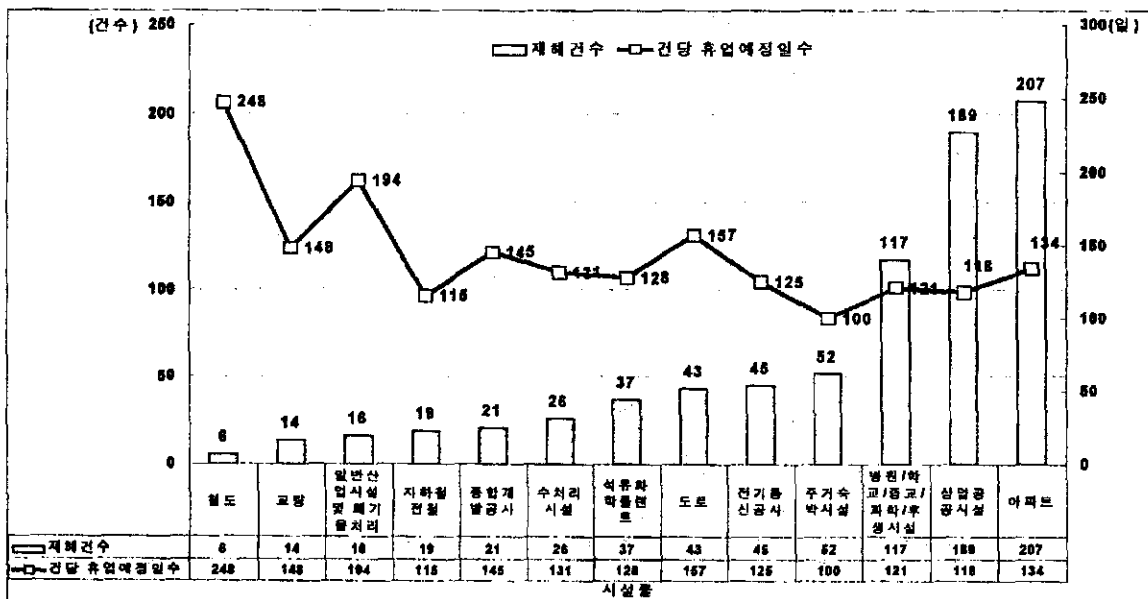
분석에 유효한 표본 수는 휴업예정일수와 인적피해가 각각 837건(29.7%)과 1,990건이었으며, 시설물별 인적피해와 휴업예정일수는 [그림3-13], [그림 3-14]와 같다. 아파트, 상업·공공시설, 병원, 학교 등의 재해발생빈도가 높으며, 휴업예정일수와 인적피해에 대한 시설물의 상대적인 순위는 큰 변화가 없어서, 휴업예정일수와 인적피해는 정(正)의 상관관계가 있다고 판단된다. 특정 시설물에서 건당 휴업예정일수와 인적피해를 살펴보면, 재해의 강도면에서 다소 차이를 보이고 있는데, 예컨대, 철도의 경우 재해건수는 6건에 불과하지만, 건당 휴업예정일수가 248일로 가장 높게 나타나고 있다. 즉, 철도시설은 재해가 발생하면 상대적으로 더 치명적이라고 추정할 수 있다. 교량, 수처리시설, 석유화학플랜트, 지하철·전철 등은 사망재해자수가 부상재해자수보다 높게 나타나, 다른 시설물에 비해 재해의 강도가 상대적으로 높음을 알 수 있다.

(1) 인적피해



[그림 3-13] 시설물(공사유형)별 인적피해 및 재해건수

(2) 휴업예정일수



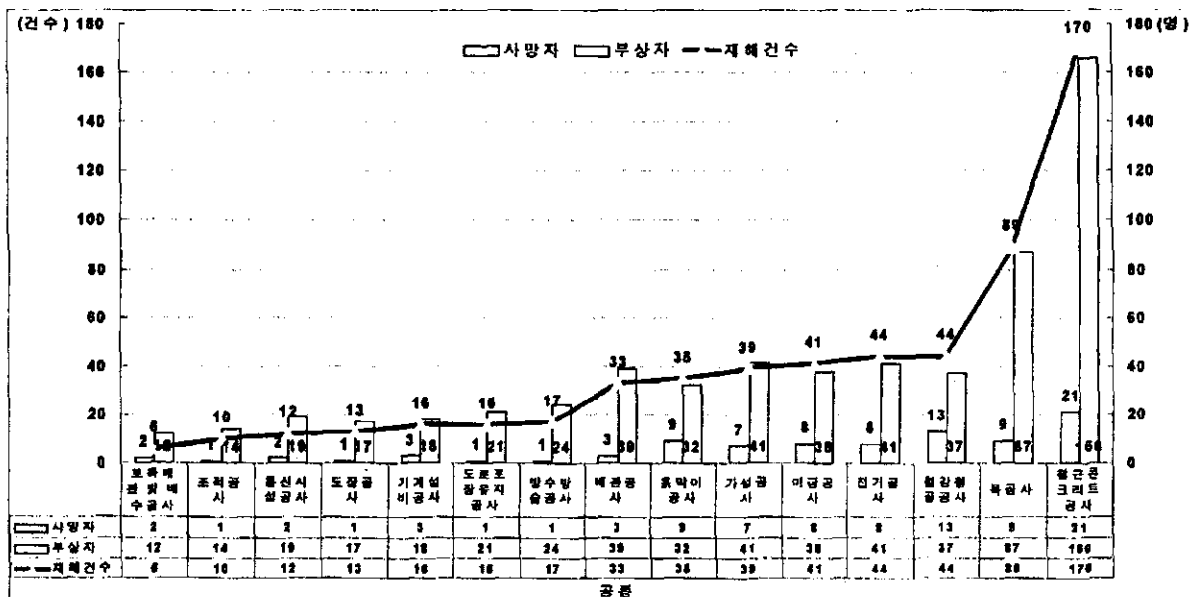
[그림 3-14] 시설물(공사유형)별 건당 휴업예정일수 및 재해건수

나. 공종별

공종별 인적피해 분석에 이용한 자료 수는 763건이며, 분석결과는 [그림 3-15]와 같다. 가장 많은 재해건수를 보이는 공종은 철근콘크리트공사, 목공사, 전기공사 등의 순이며 재해자의 수도 상당히 많은 것으로 나타났다. 철근콘크리트공사는 재해건수가 170건(전체의 26.1%)으로 사고발생비율이 매우 높다고 볼 수 있다.

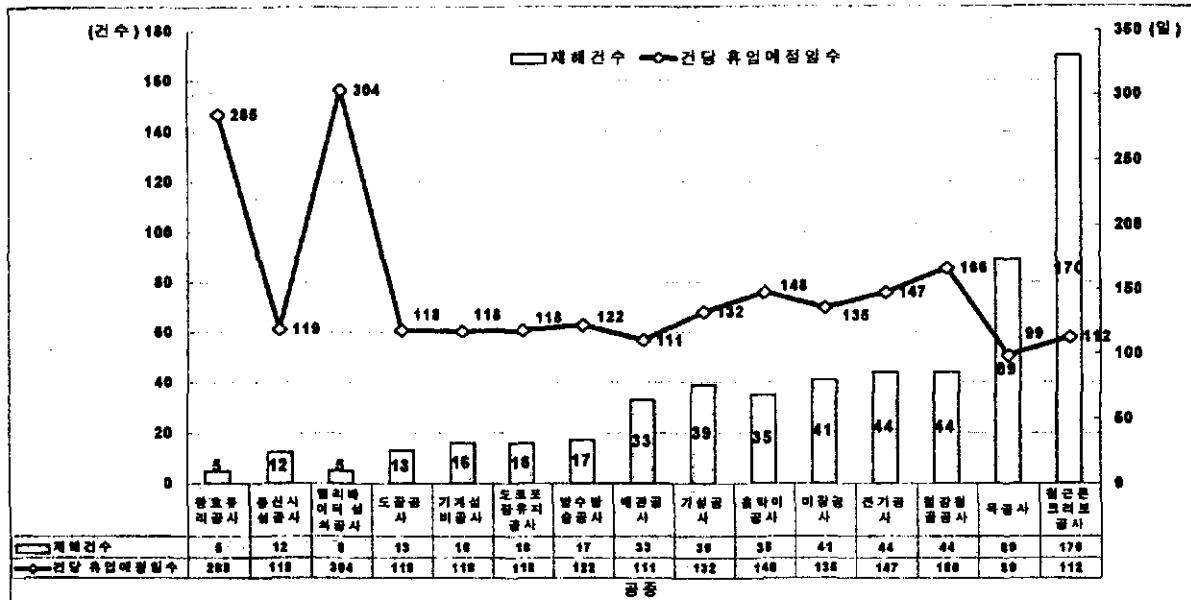
공종별 재해건 당 휴업예정일수는 전체 자료 중에서 유효한 1,876건을 이용하여 분석하였으며 그 결과는 [그림 3-16]과 같다. 철근콘크리트공사의 재해건수가 가장 많으나, 건당 휴업예정일수는 148일로써 그 크기 순위는 낮게(15위) 나타났으며, 창호유리공사, 엘리베이터공사는 재해발생건수가 10건 미만으로 적지만 건당 휴업예정일수는 대략 300일로써 매우 높게 나타났다.

(1) 인적피해



[그림 3-15] 공종별 인적피해 및 재해건수

(2) 휴업예정일수



[그림 3-16] 공종별 건당 휴업예정일수 및 재해건수

다. 공정율별

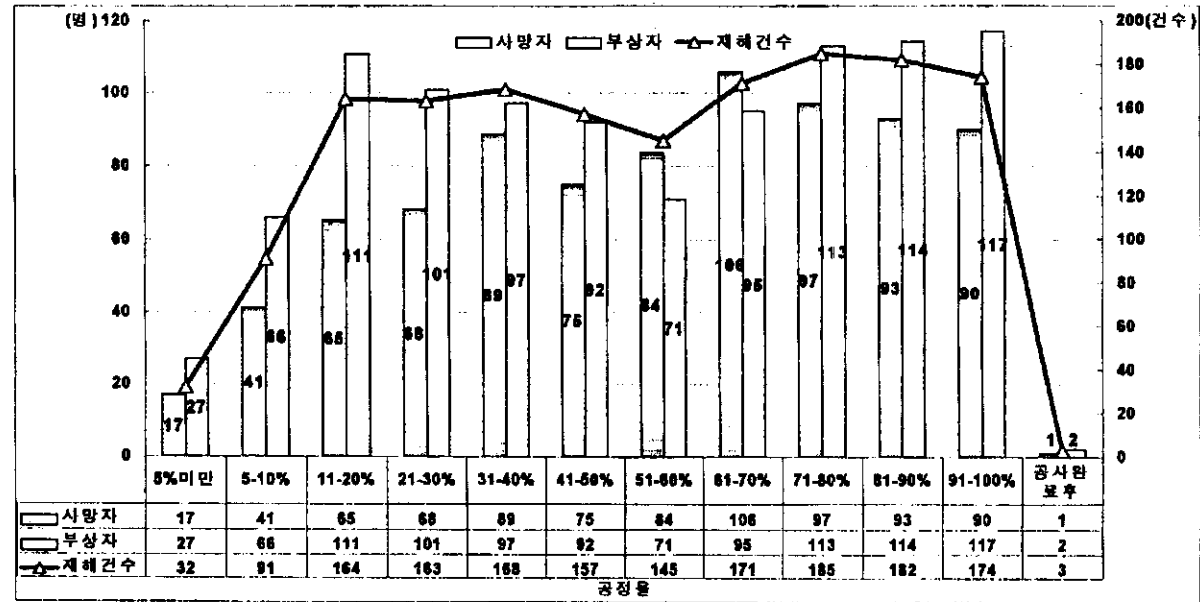
공정율을 기준으로 휴업예정일수와 인적피해를 비교·분석하는데 이용한 자료 수는 각각 790건, 1,635건이었으며 공정율별 인적피해와 휴업예정일수는 [그림 3-17], [그림 3-18]과 같다. 골조공사가 진행중인 공정을 11~40%와 마감공사 공정율인 71~90%에서 재해가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 인적피해도 휴업예정일수와 유사한 경향을 보이고 있다. 골조공사가 한창인 31~40%와 마감공정에서 재해자수가 높으며, 특히 공정을 61% 이후에는 사망재해자수가 급격하게 증가함으로써 재해의 강도가 높음을 알 수 있다.

재해자수가 많이 발생하는 공정을 71~100%에서의 건당 휴업예정일수가 130

일 이상으로 많은 것으로 보아 전체적인 재해의 위험도가 높다고 볼 수 있다. 반대로, 11~40%는 위험빈도가 높은 반면에 건당 휴업예정일수는 적은 것으로 나타났다.

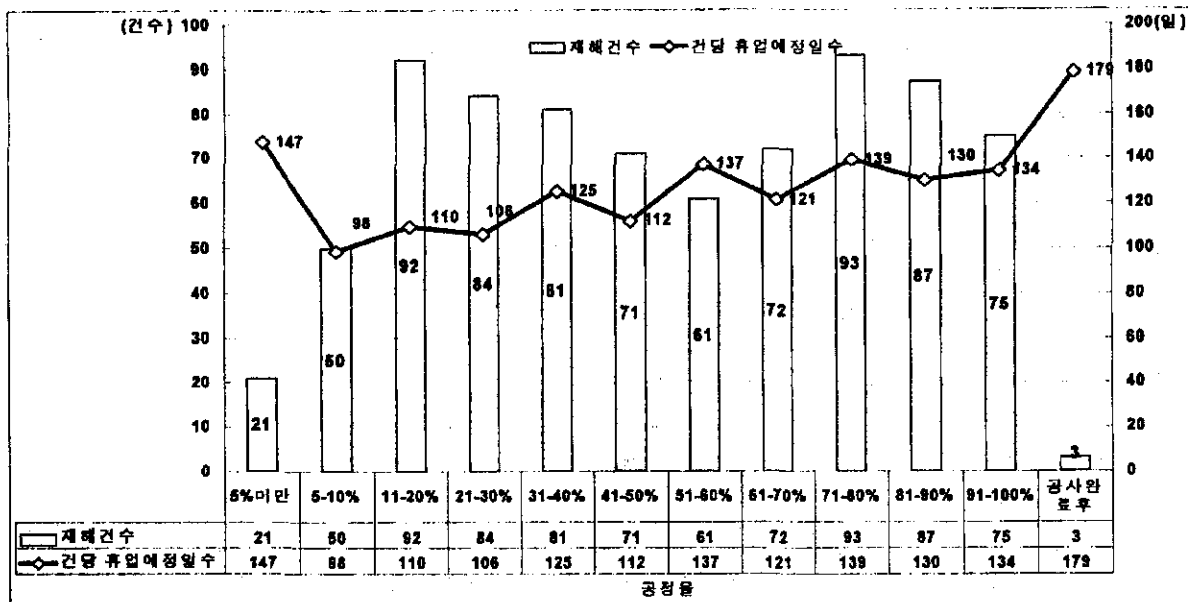
위험빈도가 비교적 낮은 51~60%의 공정율에서는 건당 휴업예정일수는 137일로, 5% 미만과 공사완료 후의 공정율을 제외하고 비교할 때, 가장 높은 수치를 나타냄에 따라 재해 1건에 대한 위험강도가 매우 크다고 볼 수 있다.

(1) 인적피해



[그림 3-17] 공정율별 인적피해 및 재해건수

(2) 휴업예정일수



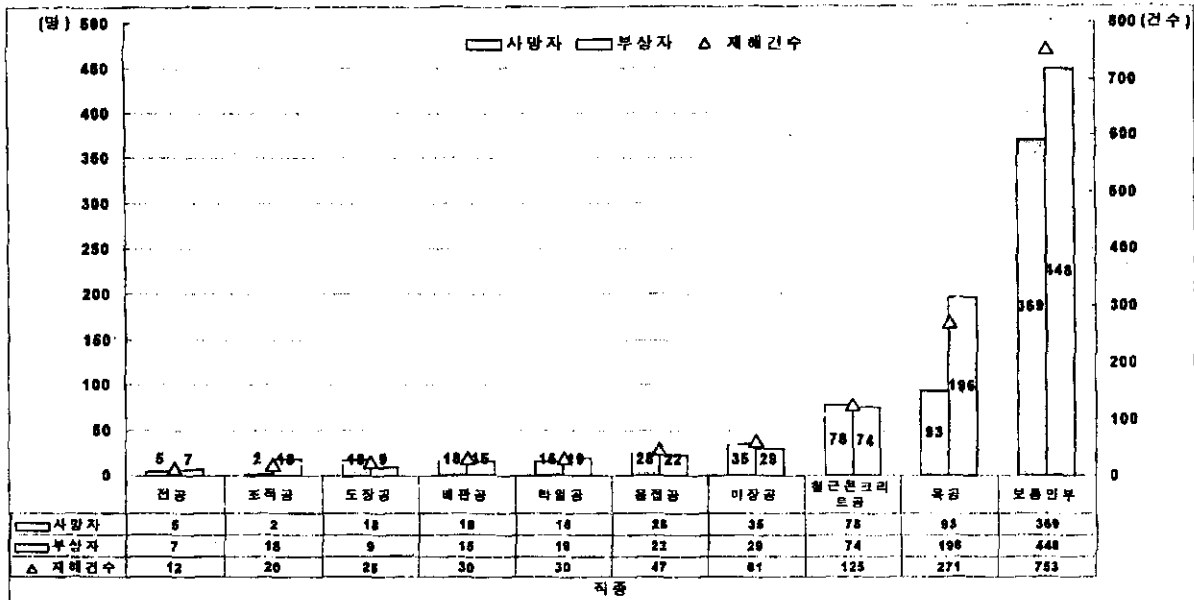
[그림 3-18] 공정율별 건당 휴업예정일수 및 재해건수

라. 직종별

직종별 재해자수와 휴업예정일수의 분포는 [그림 3-19], [그림 3-20]과 같다. 보통인부의 재해건수가 가장 많으며, 목공과 철근콘크리트공도 다른 직종에 비하여 많이 나타났다. 용접공과 미장공 등은 부상재해보다 사망재해가 많은 것으로 보아 재해의 강도가 비교적 크다고 볼 수 있다.

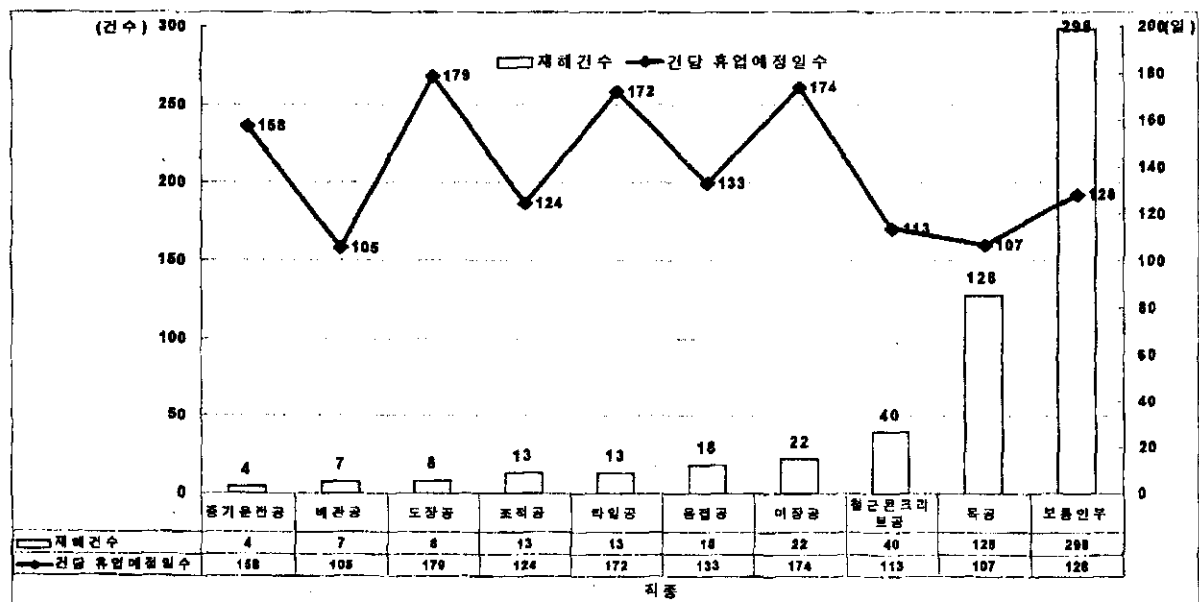
건당 휴업예정일수는 도장공이 179일로 가장 많으며, 그 다음으로 미장공과 타일공이 174일과 172일로 나타나고 있어 위험강도가 크다고 볼 수 있다. 반면에, 목공과 보통인부의 경우 재해는 많이 발생하고 있지만, 건당 휴업예정일수는 상대적으로 적은 것으로 나타나 위험강도에 비하여 위험빈도가 높음을 알 수 있다.

(1) 인적피해



[그림 3-19] 직종별 인적파해 및 재해자수

(2) 휴업예정일수



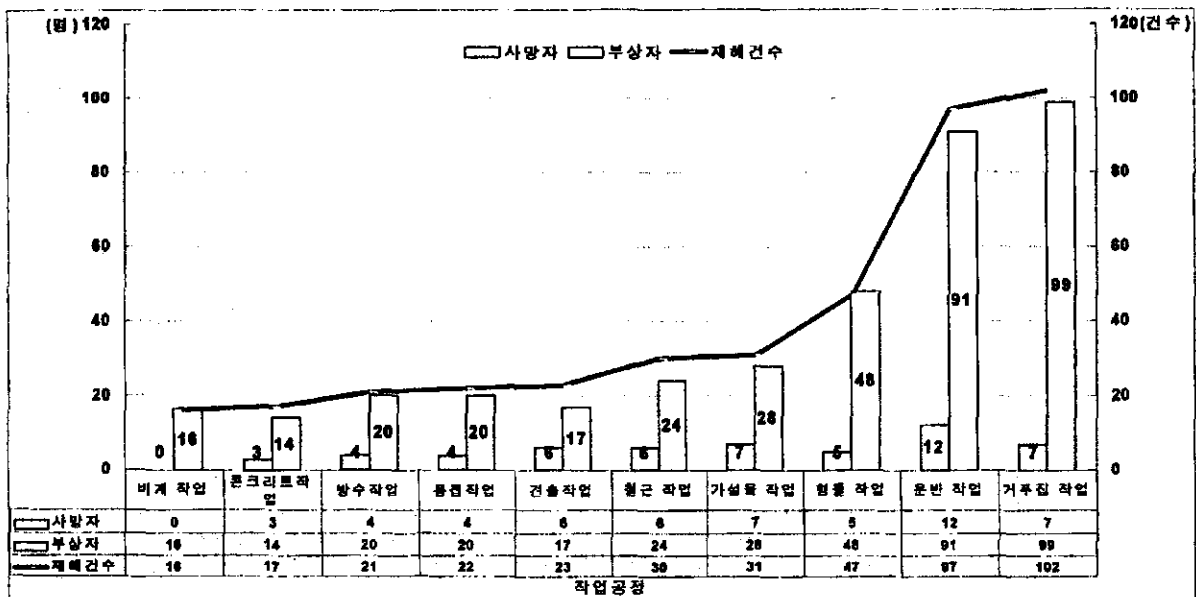
[그림 3-20] 직종별 건당 휴업예정일수 및 재해건수

마. 작업공정별

작업공정 구분은 안전공단의 코드분류 기준에 따랐으며, 작업공정별 휴업예정일수와 인적피해가 모두 기입된 자료(가용자료 수 : 459건, 사망: 58명, 부상: 430명)만을 가지고 분석한 결과는 [그림 3-21], [그림 3-22]와 같다. 거푸집작업의 재해건수가 운반작업보다 많지만, 재해건 당 휴업예정일수는 운반작업이 거푸집작업에 비해 크게 나타나, 운반작업이 더 위험하다고 볼 수 있다.

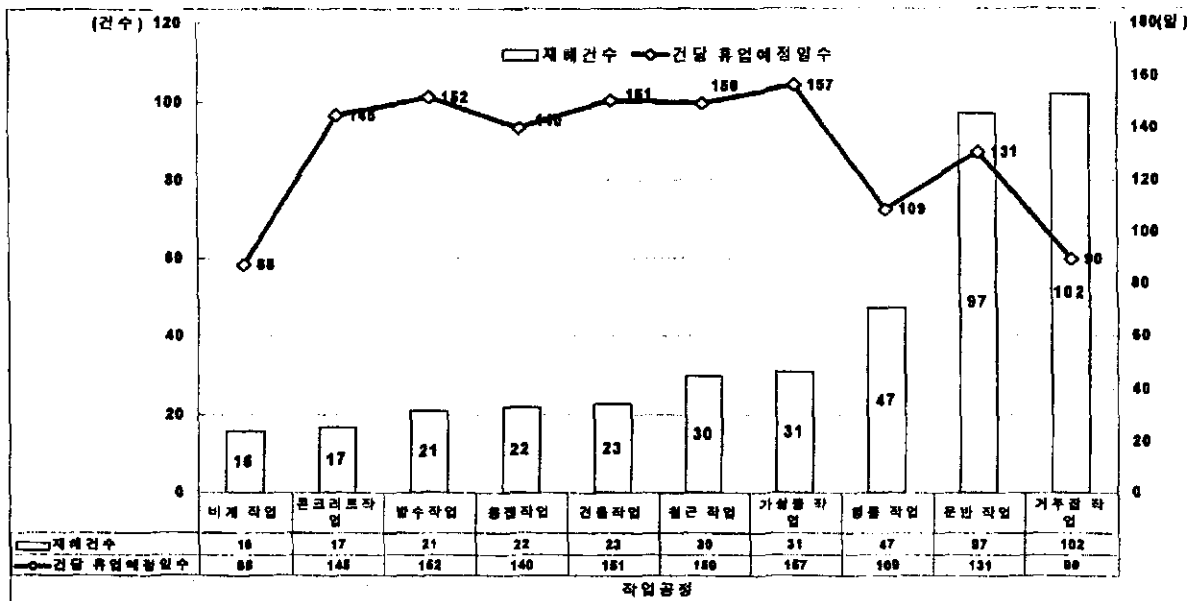
전당 휴업예정일수는 재해발생건수가 적은 가설물작업, 방수작업, 견출작업 등에서 150일 이상으로 많은 값을 나타내고 있어 위험강도가 크다고 볼 수 있다. 비계작업은 재해건수와 전당 휴업예정일수가 대체로 적은 것으로 나타난다.

(1) 인적피해



[그림 3-21] 작업공정별 인적피해 및 재해건수

(2) 휴업예정일수



[그림 3-22] 작업공정별 건당 휴업예정일수 및 재해건수

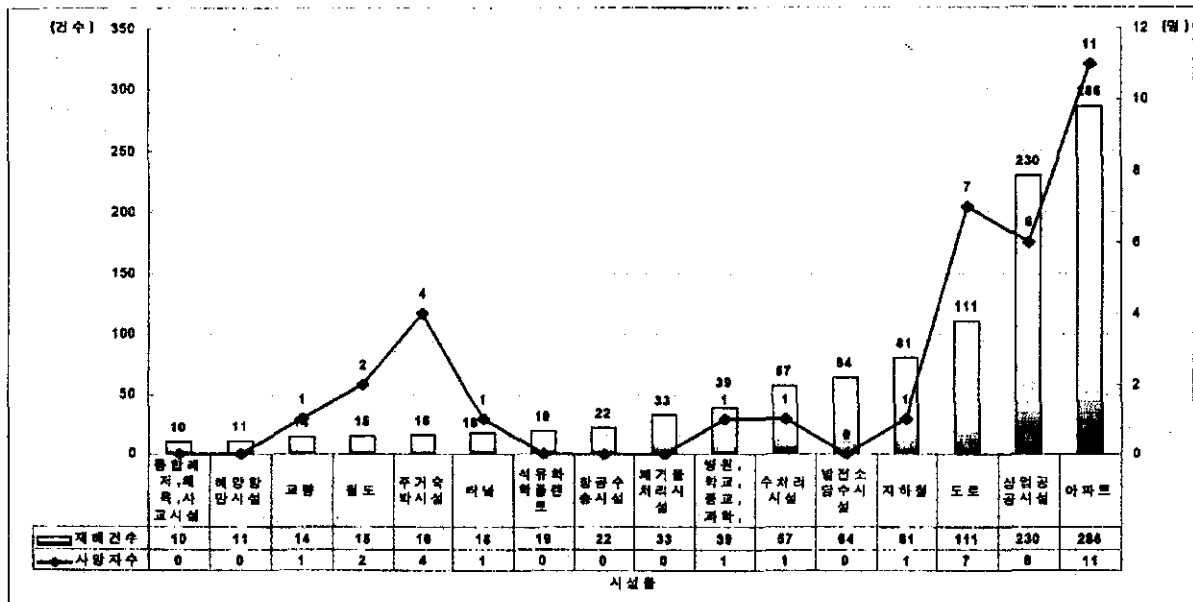
4. 민간기업의 안전사고 자료

5개 대형건설업체의 안전사고 자료를 입수하였다. 분석에 이용한 자료는 '96년에서 '98년 사이에 발생한 것이며, 이들 안전사고 자료의 정리방식이 기업간에 차이가 있음으로써, 실제로 분석에 이용한 자료 수는 부문별로 다르다. 본 절에서는 시설물별, 공종별, 직종별로 구분하여 재해건수와 재해건 당 휴업 예정일수의 대소를 비교·분석하였다.

가. 시설물별

총 1,490건의 자료를 이용하여 시설물별 재해발생건수를 도식한 결과는 [그림 3-23]과 같으며, 10건 미만의 재해건수를 보이는 시설물은 제외하였다. 앞

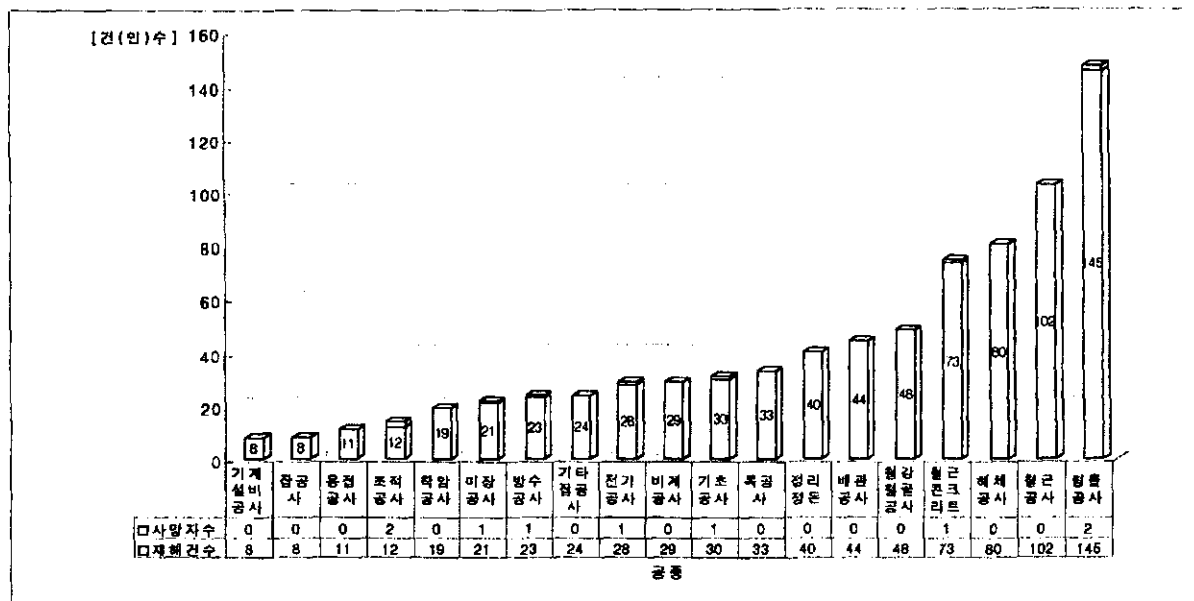
절에서 분석한 결과와 유사하게 아파트 공사와 상업·공공시설 공사의 재해건수와 사망자수가 높게 나타났으며, 지하철 공사와 도로 공사에서도 재해가 많이 발생하고 있다.



[그림 3-23] 시설물별 재해건수 및 사망자수(민간기업, n=1490)

나. 공종별

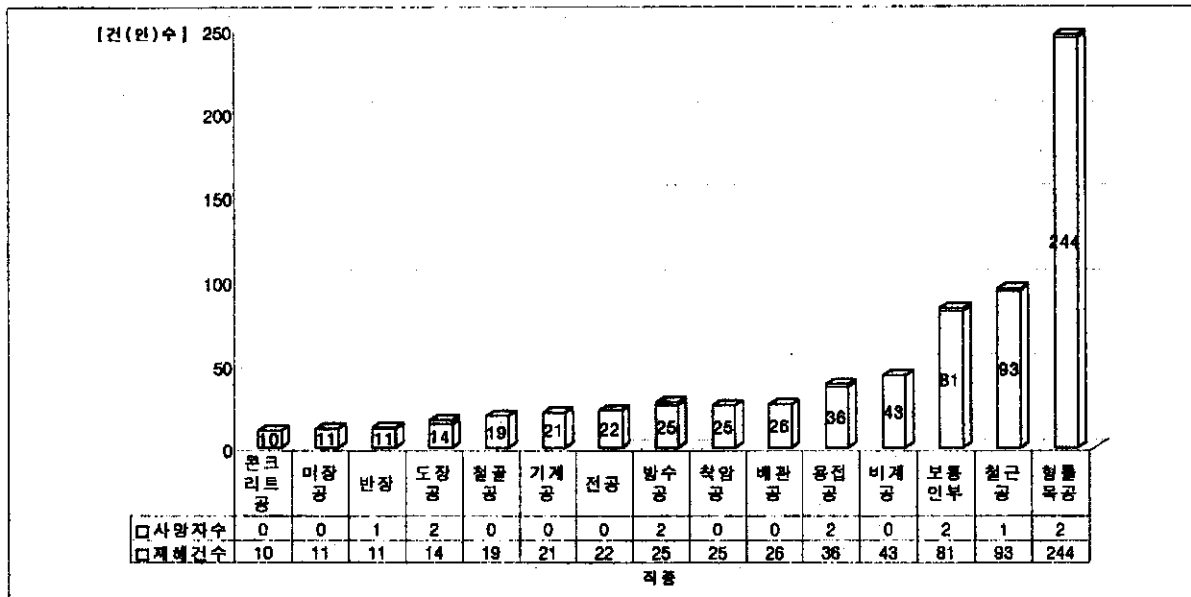
[그림 3-24]는 862건의 자료를 이용하여 공종별 재해현황을 나타낸 것으로, 형틀공사, 철근공사, 해체공사 등에서 재해가 많이 발생하고 있다. 이들 공종에서 사용하는 자재들은 비교적 무겁고, 대규모 장비를 이용하여 공사를 수행함에 따라 재해가 많이 발생하고 있는 것으로 판단된다. 이들 공사를 고소(高所)에서 수행하는 과정에서 작업발판, 안전방망의 불안정한 설치나 미설치로 인하여 추락 등에 의한 사고가 많이 발생하고 있어 형틀과 철근 공종 등의 구조물 공사에서도 재해가 많이 발생하고 있다.



[그림 3-24] 공종별 재해건수 및 사망자수(민간기업, n=862)

다. 직종별

분석에 이용한 자료는 총 799건이며, 10건 미만에 해당하는 직종을 제외하고 직종별 재해현황을 도시한 결과는 [그림 3-25]와 같다. 공종별 재해분석결과에서 추정할 수 있는 바와 같이 형틀목공이 가장 많은 재해를 당하고 있으며, 그 다음으로 철근공, 보통인부의 순서로 재해건수가 높게 나타났다. 형틀목공이나 철근공 또는 보통인부 등은 거의 대부분이 공사나 공종에서 작업을 수행하므로 작업자수가 절대적으로 많다는 사실에서 볼 때, 이러한 결과는 당연하다고 생각된다. 이들 공종에 대한 안전관리를 보다 철저하게 수행할 필요가 있다.



[그림 3-25] 직종별 재해건수 및 사망자수(민간기업, n=799)

라. 휴업예정일수 비교

총 658건의 자료 중에서 재해건수가 4건 이상인 직종의 재해건 당 휴업예정일수를 비교한 결과는 <표 3-8>과 같다. 5개의 민간기업에서 자료를 입수하였으나, 휴업예정일수가 기입된 자료가 3개 업체에 불과하고, 재해건수가 적은 항목을 제외하였기 때문에, 각 부문별 재해자료 수가 적다.

이들 자료는 '97~'98 사이에 발생한 안전사고 기록으로 재해건수는 안전공단의 재해통계분석 결과와 유사하게 형틀목공, 보통인부에서 많으나, 재해건 당 휴업예정일수는 철골공, 토공, 배관공이 30일 이상으로 높게 나타나, 위험의 강도가 높음을 알 수 있다. 반면에, 견출공이나 활석공은 재해건 당 휴업예정일수가 상대적으로 낮다.

<표 3-8> 직종별 재해건 당 휴업예정일수

구 분	재해건수	휴업예정일수	휴업예정일수/재해건수
철골공	21	700	33.3
토공	10	308	30.8
배관공	33	997	30.2
기계공	7	186	26.6
조적공	8	196	24.5
형틀목공	181	4433	24.5
도장공	16	391	24.4
중기운전공	14	336	24.0
보통인부	96	2241	23.3
비계공	42	973	23.2
철근공	78	1762	22.6
착암공	13	252	19.4
방수공	26	462	17.8
용접공	42	686	16.3
콘크리트공	21	339	16.1
미장공	9	140	15.6
건축공	8	84	10.5
할석공	9	88	9.8

주) 이 표는 3개의 민간기업에 대한 안전사고 자료('97~'98)를 정리한 것임.

(n=658)

총 254건의 자료 중에서 재해건수가 4건 이상인 공종에 대한 건당 휴업예정 일수를 공종별로 비교한 결과는 <표 3-9>와 같다. 전기공사와 해체공사의 재 해건 당 휴업예정일수가 많이 나타났으며, 형틀공사와 해체공사는 위험빈도가 높게 나타나고 있다.

<표 3-9> 공종별 재해건 당 휴업예정일수

구 분	재해건수	휴업예정일수	휴업예정일수/재해건수
전기공사	4	392	98.0
해체공사	29	2316	79.9
철근공사	28	1923	68.7
기타잡공사	8	549	68.6
형틀공사	49	3358	68.5
기초공사	5	337	67.4
도장공사	4	244	61.0
지붕공사	4	244	61.0
콘크리트공사	18	1088	60.4
배관공사	18	1067	59.3
비계공사	10	590	59.0
철강철골공사	15	783	52.2
미장공사	7	329	47.0
방수공사	11	483	43.9
기초공사	11	441	40.1
정리정돈	8	260	32.5
용접작업	6	182	30.3
전출공사	4	105	26.3

주) 이 표는 3개의 민간기업에 대한 안전사고 자료('97~'98)를 정리한 것임.

(n=254)

총 383건의 자료 중에서 재해건수가 4건 이상인 시설물에 대한 재해건 당 휴업예정일수를 비교한 결과는 <표 3-10>과 같다. 해양항만시설과 발전소담수시설의 수치가 가장 높게 나타났으며, 아파트와 상업·공공시설은 재해건수가 많고 건당 휴업예정일수도 비교적 크다. 아파트와 상업·공공시설은 재해의 빈도와 강도가 모두 높게 나타나 이들 공사의 위험이 상당히 높다고 판단된다.

<표 3-10> 시설물별 재해건 당 휴업예정일수

구 분	재해건수	휴업예정일수	휴업예정일수/재해건수
해양항만시설	8	548	68.5
발전소담수시설	16	890	55.6
석유화학플랜트	4	210	52.5
수처리시설	13	630	48.5
주거·숙박시설	4	189	47.3
아파트	130	6055	46.6
상업·공공시설	90	3923	43.6
도로	44	1816	41.3
병원·학교·종교·후생 시설	10	385	38.5
터널	4	133	33.3
하폐수종말처리장	6	200	33.3
지하철·전철	40	861	21.5

주) 이 표는 3개의 민간기업에 대한 안전사고 자료('97~'98)를 정리한 것임.(n=383)

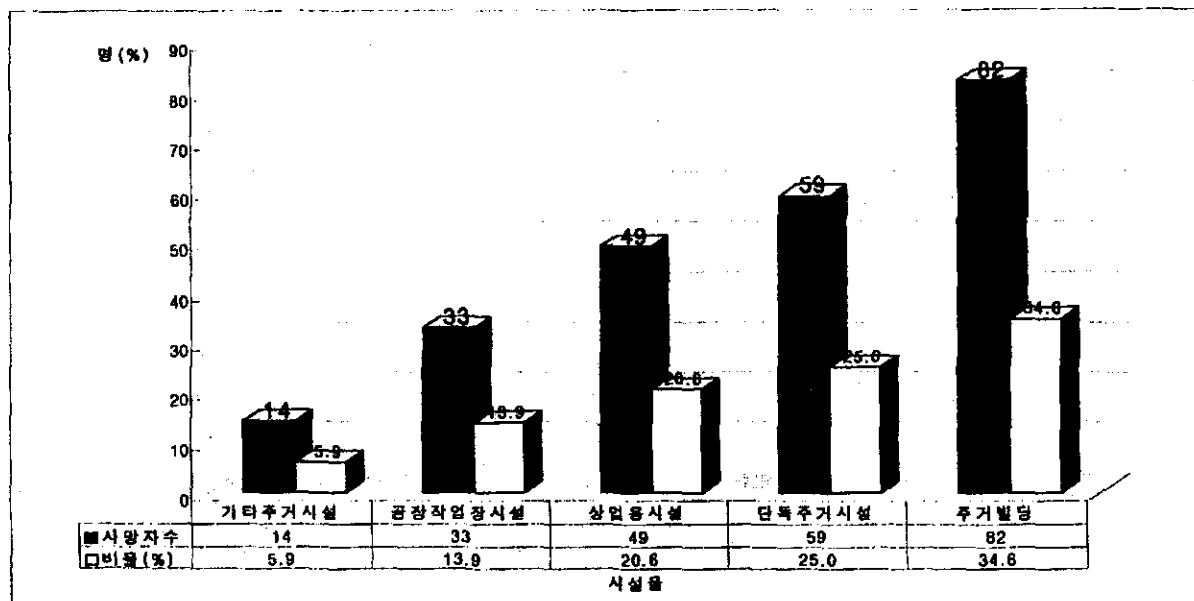
5. 미국의 재해현황

미국 노동부(Department of Labor)의 노동통계국(Bureau of Labor Statistics)이 공표한, '94~'96년의 자료를 조사하여 각 부문별 사망재해자수와 재해율을 구하였다.

가. 건축분야 시설물별 사망재해

건축분야의 3개년 평균 사망재해자수는 [그림 3-26]과 같다. 주거빌딩의 사

망재해수가 82명으로 가장 많고, 단독주거시설과 상업·공공시설도 비교적 많다. 우리나라는 아파트와 상업·공공시설에서 재해가 가장 많이 발생하고 있으나, 미국은 주거시설에서 재해가 많이 발생하고 있다.

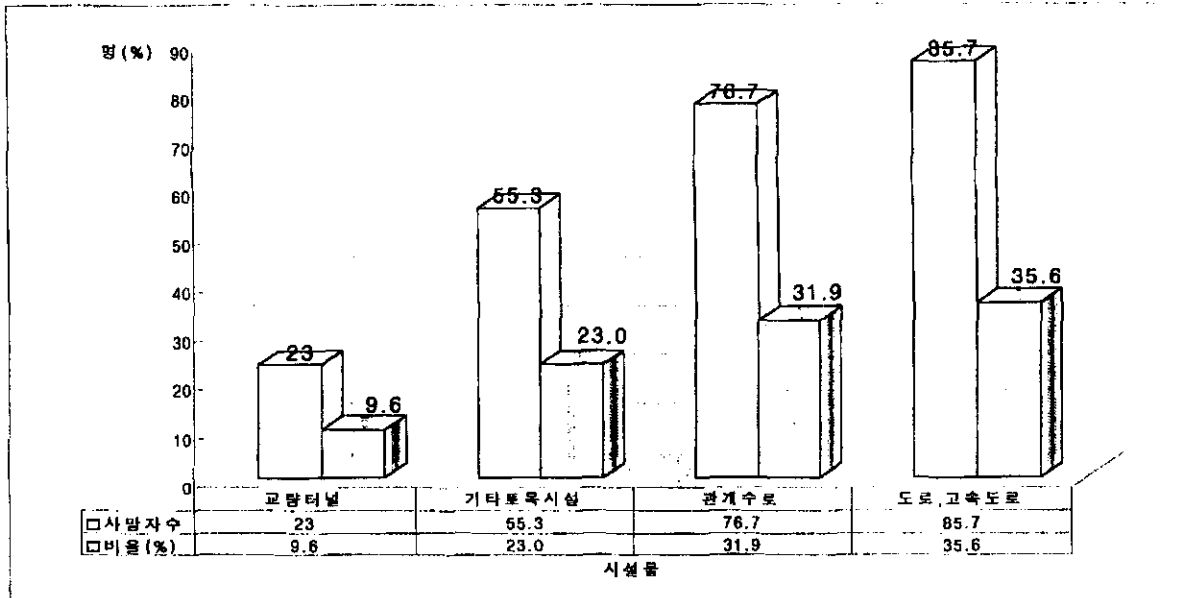


[그림 3-26] 건축공사의 시설물별 평균 사망자수 및 구성비율

나. 토목분야 시설물별 사망재해

토목분야의 시설물별 평균 사망재해자수는 [그림 3-27]과 같다. 도로, 고속도로와 관개수로 시설의 사망재해가 차지하는 비율이 높으며, 교량터널의 사망재해비율은 공사의 난이도에 비하여 비교적 낮다. 우리나라와 유사하게 도로건설에서 재해가 많이 발생하고 있는 점으로 미루어, 고속도로를 포함한 도로건설이 활발하게 추진되고 있음을 알 수 있고, 공사의 복잡도와 상관없이 간접

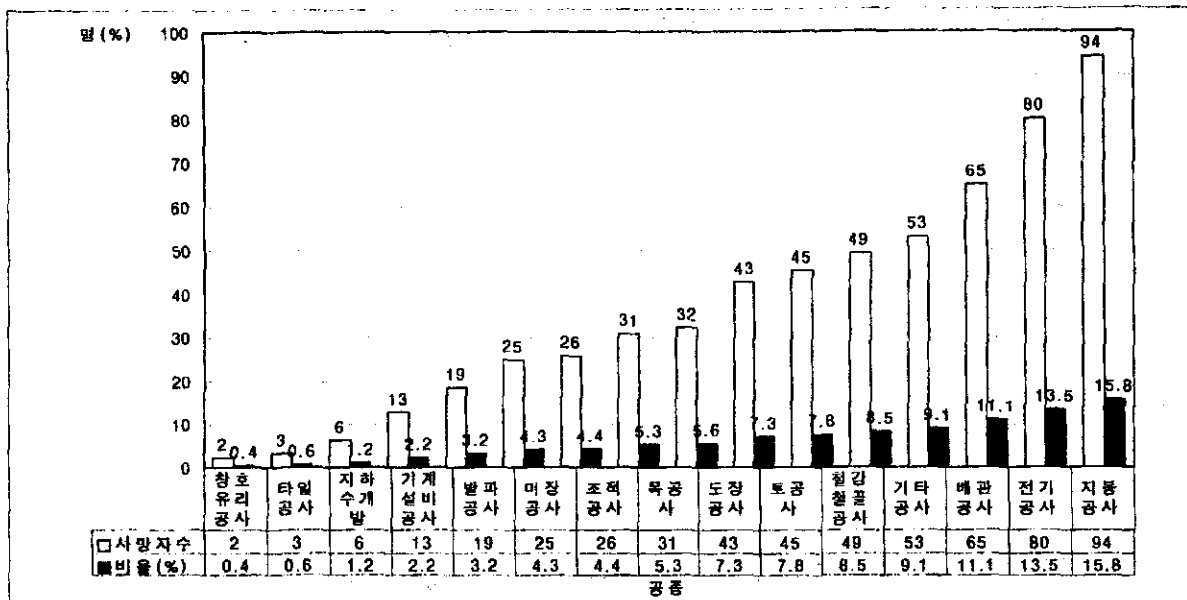
적인 원인에 의하여 재해가 발생하고 있는 것으로 판단된다.



[그림 3-27] 토목공사의 시설물별 평균 사망자수 및 구성비율

다. 공종별 사망재해

공종별로 3개년간 평균 사망재해자수는 [그림 3-28]과 같다. 지붕공사, 전기공사, 배관공사에서 사망재해자수가 높게 발생하며, 우리나라 재해경향과는 다르게 콘크리트공사와 목공사의 사망재해 순위가 중간 정도로 나타나고 있다. 창호유리공사와 타일공사는 사망재해자수가 기타 공종에 비하여 낮게 나타나 위험이 상대적으로 작다고 볼 수 있다.

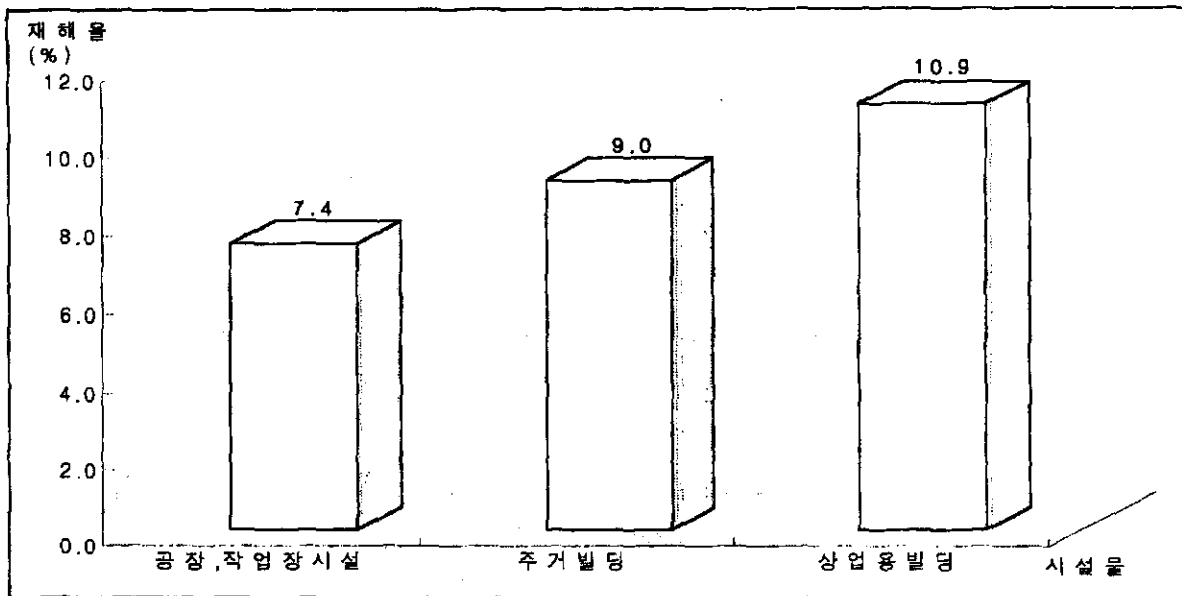


[그림 3-28] 공종별 평균 사망자수 및 구성비율

라. 분야별 재해율

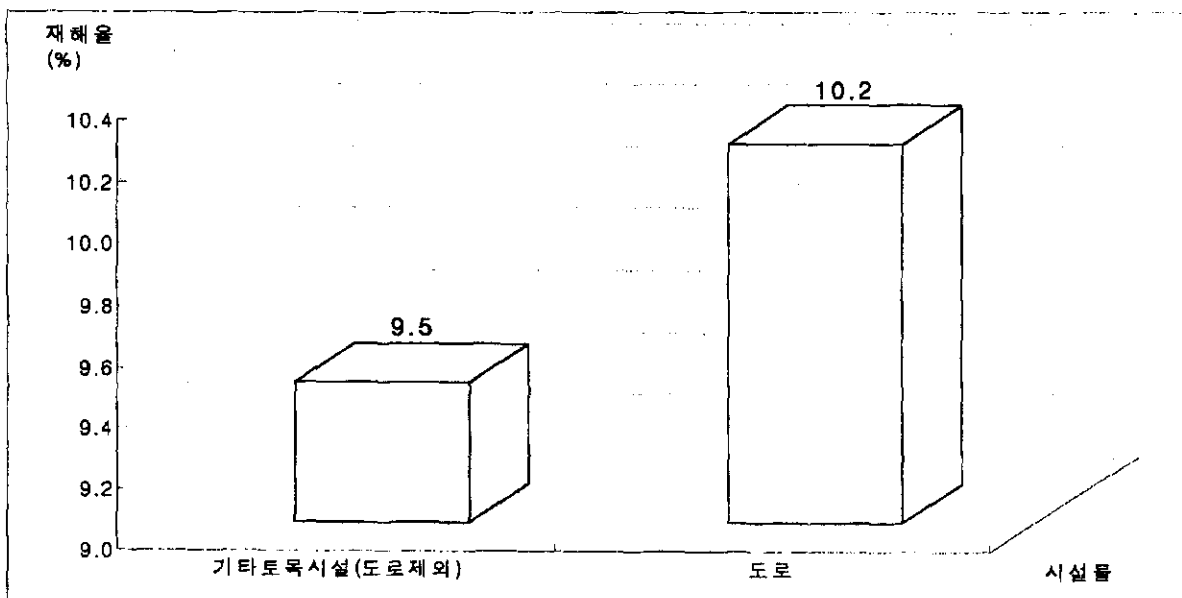
건축분야에서 재해율이 가장 적은 시설물은 공장작업장시설이며 상업용빌딩이 가장 높은 재해율을 보이고 있다. 토목분야는 도로와 도로 이외의 시설물로 구분하여 제시하고 있으며, 도로분야가 상대적으로 높은 재해율을 보이고 있다.

(1) 건축분야 시설물별



[그림 3-29] 건축분야 시설물별 평균 재해율

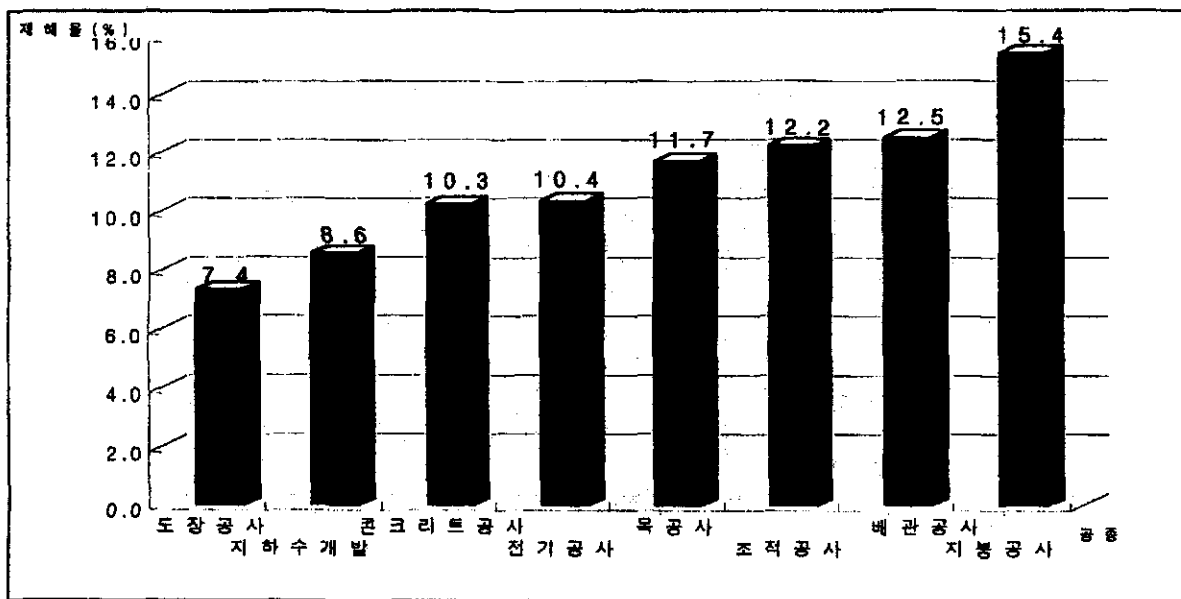
(2) 토목분야 시설물별



[그림 3-30] 토목분야 시설물별 평균 재해율

(3) 공종별

공종별 재해율은 [그림 3-31]과 같으며, 공종별 사망재해자수와 유사하게 지붕공사의 재해율이 가장 높다. 그 다음으로 배관공사, 조적공사의 순서를 보이고 있다.



[그림 3-31] 공종별 평균 재해율

6. 재해 분석결과 종합

안전공단의 재해자료와 산재보험금 지급자료에 대하여 본 연구에서 분석한 이상의 결과를 종합하여 기술분야, 시설물, 공정율, 공종 등에 따라 재해건수, 재해자수, 인적피해, 건당 휴업예정일수 등을 기준으로 다시 정리하였다.

위험빈도 측면에서 재해건수와 재해자수를 비교하였으며, 위험강도 측면에서 인적피해와 건당 휴업예정일수의 대소를 비교하였다.

가. 위험빈도 비교

전체 재해자수를 기술분야별로 분류한 결과는 <표 3-11>와 같다. 자료 A, 자료 B는 각각 “산재보험금 지급건수 자료”와 안전공단의 “산업재해 원인분석” 자료이며, 이들 자료는 사망재해자수와 부상재해자수를 모두 포함하고 있다. 건축분야의 재해자수가 차지하는 비율이 66.6%로 가장 높게 나타나고 있으며, 토목분야와 산업설비분야는 비교적 낮은 비율을 보이고 있다. 건축분야의 계약금액이 차지하는 비율이 '97년도를 기준으로 60.5%로 절반 이상을 차지하고 있어 재해가 상대적으로 많이 발생하는 것으로 보인다. 자료 B는 '97년의 재해자료로써 산업설비분야의 재해발생빈도는 계약건수 100건당 96건으로 건축분야와 토목분야의 3.6건, 1.0건에 비하여 높아 재해가 많이 발생하고 있다. 12)

<표 3-11> 기술분야별 시설물별 재해자수 구성비율

구 분	자료 A(%)	자료 B(%)	평균(%)	계약건수 당 재해건수
건축	65.5	67.7	66.6	3.6
토목	22.3	14.4	18.4	1.0
산업설비	12.2	17.9	15.0	96.0
계	100	100	100	-

12) '97년도를 기준으로 건축(25,261건), 토목(20,365건), 산업설비(248건)의 계약실적을 보이고 있음.

건축분야의 시설물별 재해자수 비율은 <표 3-12>과 같다. 아파트가 36.2%로 가장 높으며, 그 다음으로 상업·공공 시설물이 33.7%로 재해가 많이 발생하고 있다. 이들 시설물은 공사규모가 비교적 크고 고소작업이 많아서 층수의 증가에 따라 위험요인이 증대되기 때문에 재해가 많이 발생한 것으로 판단된다.

<표 3-12> 건축분야의 시설물별 재해자수 구성비율

구 분	자료 A(%)	자료 B(%)	평균(%)
아파트	39.6	33.0	36.2
상업·공공시설	32.0	35.6	33.7
병원, 학교, 종교, 과학, 후생시설	19.1	18.7	18.9
주거·숙박시설	6.9	9.7	8.6
종합레저, 체육, 사교시설	2.4	3.0	2.6
계	100	100	100

토목분야의 시설물별 재해자수 비율은 <표 3-13>과 같다. 도로와 지하철·전철 시설물의 평균 재해발생비율이 각각 37.8%와 19.5%로 높은 비중을 차지하고 있다.

<표 3-13> 토목분야의 시설물별 재해자수 구성비율

구 분	자료 A(%)	자료 B(%)	평균(%)
도로	36.4	39.2	37.8
지하철·전철	19.8	19.1	19.5
교량	16.0	10.8	13.4
종합개발공사	11.7	12.9	12.2
터널	5.7	5.2	5.5
철도	4.9	5.1	5.0
해양항만시설	2.7	3.6	3.2
댐·제방시설	1.6	3.1	2.4
항공수송시설	1.2	1.0	1.0
계	100	100	100

산업설비분야의 시설물별 재해자수 비율은 <표 3-14>에 나타난 바와 같다. 석유화학플랜트의 재해발생비율이 가장 높으며, 수처리시설도 다른 시설에 비하여 높게 나타나고 있다.

<표 3-14> 산업설비분야 시설물별 재해자수 구성비율

구 분	자료 A(%)	자료 B(%)	평균(%)
석유화학플랜트	35.6	45.1	40.4
수처리시설	32.9	33.1	33.0
발전소담수시설	9.8	11.4	10.6
비금속제조설비	17.6	1.8	9.70
금속제조설비	4.1	8.6	6.3
계	100	100	100

사업장 규모별은 5인(3억원) 미만 공사규모에서의 재해발생비율이 50% 이상을 차지하며, 그 다음으로 10~29인(6~18억원) 미만의 공사규모에서 재해가 많다. 비교적 중·소규모 사업장에서 재해가 많이 발생하는 것으로 보아, 이들 현장에서 안전관리를 제대로 수행하지 않고 공사를 수행하고 있음을 알 수 있다.

직종별로는 보통인부가 가장 많은 재해를 입고 있으며, 그 다음으로 목공과 철근콘크리트공의 순으로 나타났다. 안전공단에서는 전공의 재해자 발생순위가 네 번째로 나타났으나, 산재보험금 지급자료에서는 그 순위가 상대적으로 낮게 나타나고 있는 점이 다르나, 전공의 경우 재해를 입었을 경우 매우 치명적이기 때문에 위험한 직종으로 분류할 수 있다.

작업공정별로는 운반작업과 거꾸집작업에서 재해가 많이 발생하고 있으며, 형틀작업, 철근작업, 가설물작업도 비교적 많다.

공정율별 재해자수 구성은 <표 3-15>와 같다. 공정율 41~50%를 기준으로 공정율간의 재해발생정도를 비교한 결과, 골조공사가 한창인 11~40%와 마감공사가 진행단계인 71~90%에서 재해자 발생비율이 높다.

<표 3-15> 공정율별 재해자수 구성비율

공정율 (%)	5 미만	5 이상- 10 이하	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100
자료A (%)	2.3	6.6	9.5	10	11	8.7	9.5	11	9.7	11	10.7
자료B (%)	2.4	5.8	9.6	9.2	10.2	9.1	8.5	11.0	11.5	11.3	11.3
평균 (%)	2.35	6.20	9.55	9.60	10.60	8.90	9.00	11.00	10.60	11.15	11.00

기술분야별로 비교하여 보면, 건축분야는 골조공사 단계에서 재해가 많이 발생하는 반면에, 토목과 산업설비분야는 마감공사 단계에서 재해가 많이 발생하고 있다.

<표 3-16>에서 보는 바와 같이 공종별로 재해자수에 따른 위험빈도를 비교하여 보면, 철근콘크리트공사, 목공사, 전기공사에서 재해가 많이 발생하고 있으며, 철강철골공사, 가설공사, 미장공사, 가설공사 등에서도 재해가 비교적 많이 발생하고 있다.

<표 3-16> 공종별 재해자수 구성비율

구 분	자료 A(%)	자료 B(%)	평균(%)
철근콘크리트공사	25.1	21.4	23.2
목공사	9.9	13.5	11.7
전기공사	7.1	7.6	7.3
가설공사	6.1	7.3	6.7
흙막이공사	6.2	6.0	6.1
미장공사	5.2	6.5	5.8
배관공사	6.1	5.4	5.8
철강철골공사	5.2	6.7	5.9
기계설비공사	3.7	4.0	3.9
도장공사	2.2	3.5	2.9
방수방습공사	3.3	2.2	2.8
도로포장유지공사	2.7	2.0	2.3
토목배관 및 배수공사	1.8	2.1	2.0
조적공사	2.3	1.7	2.0
지붕공사	2.0	1.2	1.6
터널굴착공사	1.7	0.9	1.3
운반공사	1.4	1.0	1.2
창호유리공사	1.3	0.6	1.0
철도궤도공사	0.8	0.9	0.9
타일공사	0.8	0.9	0.9
엘리베이터공사	0.8	0.8	0.8
위생소화설비공사	1.2	0.4	0.8
조경공사	0.9	0.7	0.8
개간공사	0.9	0.8	0.8
보일러·펌프·송풍기설치공사	0.2	0.6	0.4
수중항만공사, 하천공사	0.5	0.6	0.5
금속철물공사	0.2	0.6	0.4
보온공사	0.1	0.3	0.2

나. 인적피해 비교

사망재해자와 부상재해자의 발생정도는 재해의 강도와 관련이 된다고 볼 수 있다. 인적피해를 비교하여 보면 다음과 같다.

인적피해를 기준으로 시설물별로 재해의 강도를 비교하여 보면, 토목분야의 수처리시설, 지하철·전철, 교량과 산업설비분야의 일반산업시설 및 폐기물처리시설에서는 재해자수는 적지만, 사망재해가 부상재해보다 높게 나타나 재해의 강도가 높다고 볼 수 있다.

사업장 규모별로는 토목분야의 5인(3억원) 미만과 2000인(1200억원) 이상에서 사망재해가 부상재해보다 다소 높게 나타나고 있다. 산업설비분야는 대부분의 사업장규모에서 사망재해가 많이 발생하고 있으며, 전체적으로 사망재해자가 부상재해자보다 많이 발생하여 위험강도가 토목과 건축분야에 비하여 크다고 볼 수 있다.

공정별로는 산업설비분야에서의 공정을 51% 이상에서는 인적피해의 차이가 미소하지만 사망재해가 부상재해보다 많거나 같게 나타나 위험하다고 볼 수 있다. 건축과 토목분야는 대부분의 공정에서 부상재해가 많은 것으로 나타났다지만, 건축분야의 공정을 51~60%에서 사망재해가 다소 높은 것으로 보아 위험정도가 크다고 판단된다.

작업공정별로는 운반작업, 철근작업, 정리정돈, 가설물작업 등이 사망재해가 많이 발생하는 것으로 보아 재해의 치명도가 높다. 특히, 안전공단의 재해자

료에서는 철근작업과 가설물작업의 사망재해가 부상재해의 2배 정도 높은 것으로 나타나 이들 작업의 위험강도가 높다.

직종별로는 보통인부가 가장 많은 재해를 입고 있으며, 그 다음으로 목공이 재해가 많다. 철근콘크리트공, 도장공, 용접공, 배관공 등이 보통인부와 목공에 비하여 재해자수는 적은 것으로 나타나고 있지만, 부상재해보다 사망재해가 많아 재해의 강도가 비교적 높은 직종으로 분류할 수 있다. 산재보험금지급 자료분석에서는 전공이 사망자보다 부상자가 많으며, 안전공단의 재해자료 분석에서는 사망자가 다소 많은 것으로 나타나 차이를 보이고 있지만, 대체로 전공은 수행할 작업이 지니는 위험이 매우 크므로 위험한 직종으로 분류할 수 있다.

산재보험금 지급자료 분석에서는 흙막이공사에서 사망재해가 약간 많이 발생하였으며, 배관공사는 사망과 부상재해가 동일하게 발생함에 따라 위험강도 측면에서 다소 크다고 볼 수 있다. 토질토양공사는 부상재해만이 발생하여 재해의 위험도는 다소 떨어진다고 볼 수 있다. 안전공단의 재해자료에서, 공종별로는 모든 공종에서 부상재해가 사망재해보다 많이 발생하고 있다. 철강철골공사의 경우는 부상재해자와 사망재해자의 구성비는 3:1인 반면에 철근콘크리트공사와 목공사는 9:1로 나타나 철강철골공사가 3배정도 위험하다고 볼 수 있다.

다. 건당 휴업예정일수 비교

건당 휴업예정일수를 바탕으로 재해의 강도를 비교하였다.

철도 시설물의 경우 재해건수는 6건에 불과하지만, 건당 휴업예정일수는 248일로 가장 많으며, 그 다음으로 일반산업시설·폐기물처리시설이 194일로 나타나, 위험이 많다고 볼 수 있다. 도로, 교량, 종합개발공사, 수처리시설은 아파트와 상업·공공시설에 비하여 재해건수는 적지만, 건당 휴업예정일수는 높은 것으로 나타나 재해의 위험이 많다.

공정유별 위험강도를 비교하여 보면, 51~60%에서는 상대적으로 재해가 적게 발생하지만, 건당 휴업예정일수는 137일로 높게 나타나 재해의 강도가 크다고 볼 수 있다. 71~90%에서는 건당 휴업예정일수와 재해건수가 모두 많은 것으로 나타나 재해의 강도가 높다고 볼 수 있다.

작업공정별로는 가설물작업이 157일로 가장 많으며, 철근작업과 견출작업, 방수작업에서는 재해건수가 적지만, 건당 휴업예정일수는 150일 이상으로 매우 높게 나타나 위험강도가 크다. 운반작업은 위험빈도도 높고 건당 휴업예정일수도 131일로 평균(133일) 값보다 높은 수치로 나타나 전체적인 위험도가 크다고 볼 수 있다. 거푸집작업은 재해는 많이 발생하고 있으나, 건당 휴업예정일수는 90일로 나타나 상대적인 위험강도는 낮은 편이다.

직종별로는 도장공, 미장공, 타일공의 건당 휴업예정일수가 170일 이상으로 다른 직종에 비하여 위험강도가 매우 높게 나타났으며, 위험빈도가 높은 보통인부의 경우 28로 위험강도는 낮은 것으로 나타났다. 목공과 보통인부는 재해는 많이 발생하고 있으나 건당 휴업예정일수는 상대적으로 적은 것으로 나타나 위험강도는 낮다고 볼 수 있다.

공종별로는 엘리베이터설치공사가 304일로 건당 휴업예정일수가 가장 많으며, 창호유리공사도 285일로 높은 값을 나타내고 있다. 반면에, 위험빈도가 높은 철근콘크리트공사와 목공사는 건당 휴업예정일수가 적은 것으로 나타나 이들 공종은 위험빈도가 상대적으로 크다고 판단된다.

제 4 장 위험지수 개발

1. 기초 통계량

가. 시설물별 상시근로자수

건설공사의 위험빈도와 강도를 고려한 실질적인 위험지수를 산정하기 위하여 시설물별로 평균 상시근로자수를 계산하였다. 평균 상시근로자수는 인수(人數)를 기준으로 사업장 규모의 상방과 하방 평균값에 계약건수를 곱하여 산정하였다. ¹³⁾ '97년도 사업장 규모별 계약건수와 평균 상시근로자수는 <표 4-1>, <표 4-2>와 같다.

13) 대한건설협회, 건설업통계연보, 1997

<표 4-1> 사업장 규모별 시설물별 계약건수

구 분	9인(6 억원) 미만	10-49인(6 -30억원) 미만	50-99 인(30- 60)	100-19 9인(60- 120)	500-99 9인(12 0-600)	1,000-1,9 99인(600 -1,200)	2,000인 이상(1,200 억원 이상)	계
도로	4,667	1,485	219	163	140	4	1	6,679
교량	730	453	46	33	18	2	-	1,282
댐·제방시설	28	25	3	3	3	-	-	62
해양항만시설	356	198	27	18	7	-	-	606
터널	55	41	12	11	5	-	-	124
철도	43	63	19	19	15	-	-	159
지하철·전철	15	72	50	49	51	-	-	237
수처리시설	1,704	847	70	46	15	-	2	2,684
아파트	84	210	81	120	458	59	23	1,035
상업·공공시설	3,278	1,985	212	190	150	12	-	5,827
병원학교시설	2,954	997	95	52	23	2	-	4,123
종합레저·체육·사 교시설	314	222	19	20	12	1	-	588
석유화학플랜트	1,781	880	91	60	40	4	1	2,857
기계기구설치	163	48	4	9	2	-	-	226
발전소, 담수시설	36	29	4	4	5	2	-	80
쓰레기소각시설	23	15	6	1	3	-	-	48
주거·숙박시설	44	5	-	841	991	91	25	7,448
종합개발공사	913	239	275	75	66	59	2	1,683
산업생산	34	1	10	5	3	1	-	102
항공수송시설	15	8	12	2	6	5	-	48
계	17,237	7,823	1,255	1,721	2,013	242	54	35,898

<표 4-2> 사업장 규모별 시설물별 평균 상시근로자수

구 분	9인(6 억원) 미만	10-49인(6 -30억원) 미만	50-99 인(30-6 0)	100-19 9인(60- 120)	500-999 인(120-60 0)	1000-19 99인(60 0-1200)	2000인 (1200억원) 이상	계
도로	42,003	43,808	16,316	24,369	104,930	5,998	2,000	239,423
교량	6,570	13,364	3,427	4,934	13,491	2,999	-	44,784
댐·제방시설	252	738	224	449	2,249	-	-	3,910
해양항만시설	3,204	5,841	2,012	2,691	5,247	-	-	18,994
터널	495	1,210	894	1,645	3,748	-	-	7,991
철도	387	1,859	1,416	2,841	11,243	-	-	17,744
지하철·전철	135	2,124	3,725	7,326	38,225	-	-	51,534
수처리시설	15,336	24,987	5,215	6,877	11,243	-	4,000	67,657
아파트	756	6,195	6,035	17,940	343,271	88,471	46,000	508,667
상업·공공시설	29,502	58,558	15,794	28,405	112,425	17,994	-	262,678
병원·학교시설	26,586	29,412	7,078	7,774	17,239	2,999	-	91,087
종합레저·체육 ·사교시설	2,826	6,549	1,416	2,990	8,994	1,500	-	24,274
석유화학플랜트	16,029	25,960	6,780	8,970	29,980	5,998	2,000	95,717
기계기구설치	1,467	1,416	298	1,346	1,499	-	-	6,026
발전소, 담수시설	324	856	298	598	3,748	2,999	-	8,822
쓰레기소각시설	207	443	447	150	2,249	-	-	3,495
주거·숙박시설	396	148	-	125,730	742,755	136,455	50,000	1,055,482
종합개발공사	8,217	7,051	20,488	11,213	49,467	88,471	4,000	188,905
산업생산	306	30	745	748	2,249	1,500	-	5,576
항공수송시설	135	236	894	299	4,497	7,498	-	13,559
계	155,133	230,785	93,502	257,295	1,508,749	362,882	108,000	2,716,325

나. 아파트 건설공사의 소요인력 구성비율

아파트 건설공사의 직종별 위험지수를 산정하기 위하여 15층 아파트의 편복도형-49㎡-89세대, 계단실형-59㎡-60세대, 계단실형-84㎡-60세대에 소요되는 인력 구성비율¹⁴⁾을 구하였다.

<표 4-3> 15층 아파트 건설공사의 직종별 평균 소요인력 구성비율

직 종	소요인력 구성비율(%)
건축목공	4.02
형틀목공	14.33
포장공	0.02
철골공	0.23
철공	1.13
철근공	5.32
샷시공	0.33
석공	0.89
할석공	0.11
비계공	0.30
전공	9.97
조적공	1.27
미장공	4.10
방수공	2.17
타일공	1.66
줄눈공	0.26
연마공	0.86
콘크리트공	0.26
배관공	0.34
위생공	0.59
보온공	0.98
도장공	2.56
내장공	0.84
도배공	1.39
조경공	0.15
기계설치공	0.19
지붕잇기공	0.04
보통인부	3.54
포설공	0.02
운전사(기계)	0.29
유리공	0.67
용접공(일반)	1.50
건설기계조장	0.05
건설기계운전기사	0.61
건설기계운전조수	0.10
통신케이블공	0.03

- 주) 1. 출처 : 대한주택공사, 주택공사비분석자료, 1998
 2. 건축목공 : 건축목공, 창호목공 포함
 3. 전공 : 내선전공, 통신내선공, 저압케이블전공, 통신설비공, 무선안테나공 포함
 4. 보통인부 : 특별인부, 보통인부 포함

14) 대한주택공사, 주택공사비분석자료, 1998

2. 위험지수 개발

현재 우리나라에서는 재해자수, 사망자수, 재해발생건수, 근로자수, 근로손실일수 등을 고려하여 재해의 정도를 추정하고 있으나, 기업단위나 산업분류 단위로 지표가 계량되고 있다. 또한, 세부 직종과 시설물에 대한 근로자수를 정확하게 파악하지 못했기 때문에 위험의 정도를 산정할 수가 없었다. 기존의 위험도 평가 기법으로 체크리스트 기법, 결합수 기법 등과 같은 정량적, 정성적 평가기법을 사용하고 있으나, 경험이나 위험확률에 기초하여 위험도를 평가하는 것으로 제조업과 같이 반복되는 공정에서나 적용될 수 있으므로, 본 연구가 지향하는 건설공사의 위험 지수를 산정하기에는 부적합하다.

따라서, 이 연구에서는 건설공사의 위험 정도를 분야/부문별로 정확하게 계량하기 위하여 재해건수, 재해자수, 휴업예정일수, 근로자수 등을 근거로 새로운 위험지수 산정 방법을 개발하였다.

가. 용어의 정의

위험지수를 산정하기 위하여 이 절에서 사용하는 용어는 다음과 같이 정의한다.

· **환산 재해자수** : 사망자수를 부상자수로 환산한 값에 실제 부상자수를 더한 값이다. 산안법시행규칙 제3조2 “건설업체 산업재해발생을 산정기준 15) ”의 규정에 따르면 건설업체의 환산재해를 산정시 사망자수에 일정 승수(multiplier)를 곱하여 부상자수로 환산할 수 있다. 승수 16) 는 매년 노동부장

15) 산안법시행규칙 별표1('97. 10. 16)

16) 최근 3년간 사망재해자 1인당 산재보험금 지급액(유족급여 및 장의비)의 평균과 부상재해자 1인당 산재보험금 지급액(요양급여, 휴업급여 및 장해급여)의 평균 비율을 고려하여 산정

관이 공표하고 있으며, 본 연구에서는 '98년도의 승수 12를 기준으로 부상자수를 산출하였다.

건설공사의 위험 강도와 지수를 산정하기 위하여 환산휴업예정일수 산출방식에 따라 두 가지 안(案)으로 구분하였다.

· 환산 휴업예정일수[<표> (I)에 적용] : 부상자 휴업예정일수와 사망자 휴업예정일수를 합하여 산정하였다. 산업재해조사표의 제출과 전산입력, 통계업무 처리에 관하여 필요한 사항을 규정하고 있는 “산업재해조사업무처리규정(예규 제185호, '91.1.17)”에 따르면, 등급별 근로손실일수 산정시 사망자 1명을 7,500일로 간주하고 있는 점을 준용하여 사망휴업예정일수를 사망자수에 7,500일을 곱하여 산정하였다.

· 환산 휴업예정일수[<표> (II)에 적용] : 환산 재해자수를 구하는 방법과 동일한 방식을 적용한 방안이다. 즉, 사망자재해자수에 12를 곱하고 거기에 부상자휴업예정일수(평균)를 곱하여 산출한 사망자휴업예정일수 환산 값과 부상자휴업예정일수를 더하여 산정하는 것이다.

· 위험강도 : 건설공사의 공종별, 작업공정별, 공정율별, 직종별 위험의 정도를 지수화한 것으로 재해건 당 환산 재해자수와 재해건 당 전체 휴업예정일수를 기하평균하여 산정한 값이다.

· 위험지수 : 건설공사의 기술분야별, 시설물별 위험강도와 아파트 건설공사의 직종별 위험강도에 평균 상시근로자수나 소요인력 구성비를 고려하여 산정한 수치이다.

이상에 기술한 용어에 대한 상세한 산정방법은 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 위험지수 산정 방법

항 목		산정식
기 초 자 료	환산 부상자수(4)	사망자수(3) × 12
	환산 재해자수(5)	부상자수(2) + 환산 부상자수(4)
	표(Ⅰ) : 환산 휴업예정일수(8)	부상자 휴업예정일수(6) + [사망자수 × 7,500(일/1명)](7)
	표(Ⅱ) : 환산 휴업예정일수(8)	부상자 휴업예정일수(6) + [(사망자수 × 12 × 부상자 휴업예정일 수 평균)](7)
	위험강도(11)	$\sqrt{[\text{환산재해자수/재해건수}] \times [\text{휴업예정일수/재해건수}]}$
일 반	부상자 휴업예정일수 평균	78일
건 설 공 사	평균 상시근로자수	$[(\text{상시근로자수 상방 경계값} + \text{상시근로자수 하방 경계값})/2 \times \text{계약건수}]$
	기술분야·시설물 별 위험지수(13)	위험강도에 상시근로자수를 고려하여 지수화(최대 1.0) $\sqrt{(9) \times (10)} / (\text{평균 상시근로자수})$
아 파 트 공 사	부상자 휴업예정일수 평균	53일
	직종별 위험지수 (13)	$\sqrt{(9) \times (10)} / (\text{평균 소요인력 구성비})$

주) 이 표 괄호 안의 숫자는 <표 4-5> ~ <표 4-18>의 열(column)의 숫자를 나타냄

나. 일반 건설공사

(1) 기술분야별 시설물별

732건의 자료를 이용하여 기술분야와 시설물별 위험지수를 산정하였으며, 그 결과는 <표 4-5>, <표 4-6>과 같다. 가장 위험한 기술분야는 산업설비분야이며, 그 중에서 위험지수가 가장 높은 시설물은 제조설비시설로 나타났다. 건축분야와 토목분야는 산업설비분야에 비하여 위험의 강도는 낮다고 볼 수 있으나, 재해는 많이 발생하고 있다. 그 이유는 건축과 토목분야의 계약실적이 대부분을 차지하고 있기 때문으로 보인다. 건축분야는 상업·공공시설과 종합레저·체육·사교시설, 토목분야는 철도와 터널시설의 위험지수가 높게 나타나 위험한 시설물이라고 할 수 있다. I 과 II 방식에 의한 위험지수 산정결과는 다소 차이가 나지만, 대체로 유사한 경향을 보이고 있다.

<표 4-5> 기술분야별 시설물별 위험지수(I)

구 분	재해 건수	부상 자수	사망 자수	환산부상자수 (3)×12	환산재 해자수	휴업예정일수			환산재해자 수/재해건수	휴업예정일 수/재해건수	위험강도	인력구 성비율	위험지수 (13)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)	(9)	(10)	(11)	(12)	시설 물별	기술분 야별
아파트	189	173	32	384	557	12,420	240,000	252,420	2.95	1,335.56	325.82	19.26	0.23	
주거·숙박시설	48	45	3	36	81	3,791	22,500	26,291	1.69	547.73	76.09	39.95	0.05	
상업·공공시설	177	155	22	264	419	12,373	165,000	177,373	2.37	1,002.11	1,412.56	3.45	1.00	
병원/학교/종교 /과학/후생시설	107	95	12	144	239	7,691	90,000	97,691	2.23	913.00	454.15	9.94	0.32	
종합레저/체육/ 사교시설	13	13	-	-	13	972	-	972	1.00	74.77	941.03	0.92	0.67	
건축부문	534	481	69	828	1,309	37,247	517,500	554,747	2.45	1,038.85	68.64	73.52	-	0.05
철도	5	2	3	36	38	330	22,500	22,830	7.60	4,566.00	27,733.59	0.67	1.00	
지하철·전철	18	16	2	24	40	1,313	15,000	16,313	2.22	906.28	2,300.45	1.95	0.08	
도로	43	34	9	108	142	3,474	67,500	70,974	3.30	1,650.56	814.60	9.06	0.03	
교량	12	10	2	24	34	612	15,000	15,612	2.83	1,301.00	3,581.36	1.70	0.13	
터널	10	8	2	24	32	402	15,000	15,402	3.20	1,540.20	23,209.86	0.30	0.84	
항공수송시설	2	2	-	-	2	210	-	210	1.00	105.00	1,996.48	0.51	0.07	
해양항만시설	4	3	1	12	15	141	7,500	7,641	3.75	1,910.25	11,771.37	0.72	0.42	
종합개발공사	21	16	5	60	76	1,221	37,500	38,721	3.62	1,843.86	1,142.35	7.15	0.04	
토목부문	115	91	24	288	379	7,703	180,000	187,703	3.30	1,632.20	332.37	22.07	-	0.25
제조설비	17	14	3	36	50	1,461	22,500	23,961	2.94	1,409.47	30,503.43	0.21	1.00	
석유화학플랜트	34	29	5	60	89	2,236	37,500	39,736	2.62	1,168.71	1,526.53	3.62	0.05	
발전소담수시설	8	6	2	24	30	531	15,000	15,531	3.75	1,941.38	28,945.63	0.29	0.95	
수처리시설	24	21	3	36	57	2,103	22,500	24,603	2.38	1,025.13	17,387.80	0.28	0.57	
산업설비부문	83	70	13	156	176	6,331	97,500	103,831	2.12	1,250.98	1,322.55	4.41	-	1.00

(n=732)

<표 4-6> 기술분야별 시설물별 위험지수(Ⅱ)

구 분	재해	부상	사망	환산부상자수	환산재	휴업예정일수			환산재해자	휴업예정일	위험	인력구	위험지수	
	건수	자수	자수	(3)×12	해자수	부상자	사망자	계	수/재해건수	수/재해건수	강도	성비율	(13)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(%)	시설기술분	야별
아파트	189	173	32	384	557	12,420	29,952	42,372	2.95	224.19	25.70	19.26	0.14	
주거·숙박시설	48	45	3	36	81	3,791	2,808	6,599	1.69	137.48	15.23	39.95	0.04	
상업·공공시설	177	155	22	264	419	12,373	20,592	32,965	2.37	186.24	21.00	3.45	0.65	
병원/학교/종교/과학/후생시설	107	95	12	144	239	7,691	11,232	18,923	2.23	176.85	19.88	9.94	0.21	
종합레저/체육/사교시설	13	13	-	-	13	972	-	972	1.00	74.77	8.65	0.92	1.00	
건축부문	534	481	69	828	1,309	37,247	64,584	101,831	2.45	190.69	21.62	73.52	-	0.05
철도	5	2	3	36	38	330	2,808	3,138	7.60	627.60	69.06	0.67	1.00	
지하철·전철	18	16	2	24	40	1,313	1,872	3,185	2.22	176.94	19.83	1.95	0.10	
도로	43	34	9	108	142	3,474	8,424	11,898	3.30	276.70	30.23	9.06	0.03	
교량	12	10	2	24	34	612	1,872	2,484	2.83	207.00	24.22	1.70	0.14	
터널	10	8	2	24	32	402	1,872	2,274	3.20	227.40	26.98	0.30	0.87	
항공수송시설	2	2	-	-	2	210	-	210	1.00	105.00	10.25	0.51	0.19	
해양항만시설	4	3	1	12	15	141	936	1,077	3.75	269.25	31.78	0.72	0.43	
종합개발공사	21	16	5	60	76	1,221	4,680	5,901	3.62	281.00	31.89	7.15	0.04	
토목부문	115	91	24	288	379	7,703	22,464	30,167	3.30	262.32	29.40	22.07	-	0.24
제조설비	17	14	3	36	50	1,461	2,808	4,269	2.94	251.12	27.18	0.21	1.00	
석유화학플랜트	34	29	5	60	89	2,236	4,680	6,916	2.62	203.41	23.08	3.62	0.05	
발전소담수시설	8	6	2	24	30	531	1,872	2,403	3.75	300.38	33.56	0.29	0.88	
수처리시설	24	21	3	36	57	2,103	2,808	4,911	2.38	204.63	22.05	0.28	0.60	
산업설비부문	83	70	13	156	226	6,331	12,168	18,499	2.72	222.88	24.63	4.41	-	1.00

(n=732)

(2) 작업공정별

유효한 자료 387건을 이용하여 작업공정별 위험강도를 산정한 결과는 <표 4-7>, <표 4-8>과 같으며, 두 가지 대안으로 산정한 위험강도 결과가 매우 유사하게 나타나고 있다. 골조공사와 관련되는 비계작업과 형틀작업이 가장 위험한 작업공정으로 나타났으며, 그 다음이 철근작업과 거푸집작업이었다. 비계작업의 경우 표본으로 이용된 자료가 전수 사망재해로 위험강도 결과에 그대로 반영되었으며, 형틀작업도 사망재해자수가 부상재해자수의 2배에 달하여 위험의 정도가 큰 것으로 나타났다. 작업공정별로는 상시근로자수 파악이 불가능하였으므로 위험 강도만을 산정하였다.

<표 4-7> 작업공정별 위험강도(I)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자 수/재해건수 (9)	휴업예정일 수/재해건수 (10)	위험강도 (11)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)			
비계작업	7	-	7	84	84	-	52,500	52,500	12.00	7,500.00	300.00
형틀작업	46	15	31	372	387	1,611	232,500	234,111	8.41	5,089.37	206.92
철근작업	30	42	17	204	246	1,045	127,500	128,545	8.20	4,284.83	187.45
거푸집작업	100	54	46	552	606	3,159	345,000	348,159	6.06	3,481.59	145.25
가설물작업	29	16	13	156	172	945	97,500	98,445	5.93	3,394.66	141.89
붙임작업	9	9	-	-	9	1,470	-	1,470	1.00	163.33	12.78
콘크리트작업	17	17	-	-	17	2,232	-	2,232	1.00	131.29	11.46
활선작업	4	4	-	-	4	420	-	420	1.00	105.00	10.25
견출작업	22	22	-	-	22	2,254	-	2,254	1.00	102.45	10.12
인양작업	11	11	-	-	11	1,071	-	1,071	1.00	97.36	9.87
용접작업	21	21	-	-	21	1,905	-	1,905	1.00	90.71	9.52
방수작업	21	21	-	-	21	1,890	-	1,890	1.00	90.00	9.49
합석작업	3	3	-	-	3	270	-	270	1.00	90.00	9.49
배선작업	21	21	-	-	21	1,754	-	1,754	1.00	83.52	9.14
도색작업	8	8	-	-	8	535	-	535	1.00	66.88	8.18
파일작업	2	2	-	-	2	120	-	120	1.00	60.00	7.75
발파작업	1	1	-	-	1	60	-	60	1.00	60.00	7.75
운반작업	27	27	-	-	27	1,542	-	1,542	1.00	57.11	7.56
천공작업	8	8	-	-	8	453	-	453	1.00	56.63	7.52

(n=387)

<표 4-8> 작업공정별 위험강도(Ⅱ)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자수 /재해건수 (9)	휴업예정일수 /재해건수 (10)	위험강도 (11)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)			
비계작업	7	-	7	84	84	-	6,552	6,552	12.00	936.00	105.98
형틀작업	46	15	31	372	387	1,611	29,016	30,627	8.41	665.80	74.84
철근작업	30	42	17	204	246	1,045	15,912	16,957	8.20	565.23	68.08
거푸집작업	100	54	46	552	606	3,159	43,056	46,215	6.06	462.15	52.92
가설물작업	29	16	13	156	172	945	12,168	13,113	5.93	452.17	51.79
붙임작업	9	9	-	-	9	1,470	-	1,470	1.00	163.33	12.78
콘크리트작업	17	17	-	-	17	2,232	-	2,232	1.00	131.29	11.46
활선작업	4	4	-	-	4	420	-	420	1.00	105.00	10.25
견출작업	22	22	-	-	22	2,254	-	2,254	1.00	102.45	10.12
인양작업	11	11	-	-	11	1,071	-	1,071	1.00	97.36	9.87
용접작업	21	21	-	-	21	1,905	-	1,905	1.00	90.71	9.52
방수작업	21	21	-	-	21	1,890	-	1,890	1.00	90.00	9.49
할석작업	3	3	-	-	3	270	-	270	1.00	90.00	9.49
배선작업	21	21	-	-	21	1,754	-	1,754	1.00	83.52	9.14
도색작업	8	8	-	-	8	535	-	535	1.00	66.88	8.18
파일작업	2	2	-	-	2	120	-	120	1.00	60.00	7.75
발파작업	1	1	-	-	1	60	-	60	1.00	60.00	7.75
운반작업	27	27	-	-	27	1,542	-	1,542	1.00	57.11	7.56
천공작업	8	8	-	-	8	453	-	453	1.00	56.63	7.52

(n=387)

(3) 공종별

총 594건의 자료를 이용하여 공종별 위험강도를 비교한 결과는 <표 4-9>, <표 4-10>과 같다. 엘리베이터설치공사의 위험강도가 가장 큰 것으로 나타났으며, 창호유리공사, 개간공사·토질토양공사·측량공사도 비교적 위험강도가 높은 공종이었다. 철근콘크리트공사의 경우 재해는 많이 발생하고 있으나, 상대적으로 위험강도는 낮으며, 금속철물공사, 보일러·펌프·송풍기설치공사는 위험의 강도가 낮게 나타났다.

<표 4-9> 공종별 위험강도(I)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자 수/재해건수 (9)	휴업예정일 수/재해건수 (10)	위험 강도 (11)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)			
엘리베이터설치공사	5	1	4	48	49	60	30,000	30,060	9.80	6,012.00	242.73
창호유리공사	5	2	3	36	38	330	22,500	22,830	7.60	4,566.00	186.28
개간공사·토질토양공사·측량공사	5	3	2	24	27	270	15,000	15,270	5.40	3,054.00	128.42
수중항만하천공사	3	2	1	12	14	210	7,500	7,710	4.67	2,570.00	109.51
지붕공사	6	4	2	24	28	201	15,000	15,201	4.67	2,533.50	108.73
조경공사	3	2	1	12	14	81	7,500	7,581	4.67	2,527.00	108.59
철강철골공사	39	27	12	144	171	2,183	90,000	92,183	4.38	2,363.67	101.80
터널굴착공사	8	7	2	24	31	501	15,000	15,501	3.88	1,937.63	86.65
철도궤도공사	4	3	1	12	15	180	7,500	7,680	3.75	1,920.00	84.85
운반공사	4	3	1	12	15	126	7,500	7,626	3.75	1,906.50	84.55
흙막이공사	33	25	8	96	121	1,734	60,000	61,734	3.67	1,870.73	82.82
전기공사	38	30	8	96	126	2,655	60,000	62,655	3.32	1,648.82	73.94
타일공사	5	4	1	12	16	630	7,500	8,130	3.20	1,626.00	72.13
미장공사	39	31	8	96	127	2,205	60,000	62,205	3.26	1,595.00	72.07
기계설비공사	15	12	3	36	48	1,092	22,500	23,592	3.20	1,572.80	70.94
위생소화설비공사	5	4	1	12	16	162	7,500	7,662	3.20	1,532.40	70.03
통신시설공사	11	13	2	24	37	681	15,000	15,681	3.36	1,425.55	69.25
가설공사	33	29	4	48	77	2,463	30,000	32,463	2.33	983.73	47.91
조적공사	9	8	1	12	20	563	7,500	8,063	2.22	895.89	44.62
석공사	9	8	1	12	20	492	7,500	7,992	2.22	888.00	44.42
목공사	85	90	8	96	186	5,426	60,000	65,426	2.19	769.72	41.04
철근콘크리트공사	150	139	14	168	307	10,511	105,000	115,511	2.05	770.07	39.70
도장공사	12	11	1	12	23	1,020	7,500	8,520	1.92	710.00	36.89
방수방습공사	15	17	1	12	29	1,502	7,500	9,002	1.93	600.13	34.06
도로포장유지공사	15	15	1	12	27	1,461	7,500	8,961	1.80	597.40	32.79
배관공사	30	31	2	24	55	2,384	15,000	17,384	1.83	579.47	32.59
토목배관 및 배수공사	6	7	0	0	7	582	0	582	1.17	97.00	10.64
금속철물공사	1	1	0	0	1	60	0	60	1.00	60.00	7.75
보일러·펌트·송풍기설치공사	1	1	0	0	1	60	0	60	1.00	60.00	7.75

(n=594)

<표 4-10> 공종별 위험강도(II)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자 수/재해건수 (9)	휴업예정일 수/재해건수 (10)	위험 강도 (11)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)			
엘리베이터설치공사	5	1	4	48	49	60	3,744	3,804	9.80	760.80	86.35
창호유리공사	5	2	3	36	38	330	2,808	3,138	7.60	627.60	69.06
개간공사·토질토양공사·측량공사	5	3	2	24	27	270	1,872	2,142	5.40	428.40	48.10
수중항만하천공사	3	2	1	12	14	210	936	1,146	4.67	382.00	42.22
지붕공사	6	4	2	24	28	201	1,872	2,073	4.67	345.50	40.15
조경공사	3	2	1	12	14	81	936	1,017	4.67	339.00	39.77
철강철골공사	39	27	12	144	171	2,183	11,232	13,415	4.38	343.97	38.84
터널굴착공사	8	7	2	24	31	501	1,872	2,373	3.88	296.63	33.90
철도궤도공사	4	3	1	12	15	180	936	1,116	3.75	279.00	32.35
운반공사	4	3	1	12	15	126	936	1,062	3.75	265.50	31.55
흙막이공사	33	25	8	96	121	1,734	7,488	9,222	3.67	279.45	32.01
전기공사	38	30	8	96	126	2,655	7,488	10,143	3.32	266.92	29.75
타일공사	5	4	1	12	16	630	936	1,566	3.20	313.20	31.66
미장공사	39	31	8	96	127	2,205	7,488	9,693	3.26	248.54	28.45
기계설비공사	15	12	3	36	48	1,092	2,808	3,900	3.20	260.00	28.84
위생소화설비공사	5	4	1	12	16	162	936	1,098	3.20	219.60	26.51
통신시설공사	11	13	2	24	37	681	1,872	2,553	3.36	232.09	27.94
가설공사	33	29	4	48	77	2,463	3,744	6,207	2.33	188.09	20.95
조적공사	9	8	1	12	20	563	936	1,499	2.22	166.56	19.24
석공사	9	8	1	12	20	492	936	1,428	2.22	158.67	18.78
목공사	85	90	8	96	186	5,426	7,488	12,914	2.19	151.93	18.23
철근콘크리트공사	150	139	14	168	307	10,511	13,104	23,615	2.05	157.43	17.95
도장공사	12	11	1	12	23	1,020	936	1,956	1.92	163.00	17.68
방수방습공사	15	17	1	12	29	1,502	936	2,438	1.93	162.53	17.73
도로포장유지공사	15	15	1	12	27	1,461	936	2,397	1.80	159.80	16.96
배관공사	30	31	2	24	55	2,384	1,872	4,256	1.83	141.87	16.13
토목배관 및 배수공사	6	7	0	0	7	582	0	582	1.17	97.00	10.64
금속철물공사	1	1	0	0	1	60	0	60	1.00	60.00	7.75
보일러·펌프·송풍기설치공사	1	1	0	0	1	60	0	60	1.00	60.00	7.75

(n=594)

(4) 공정율별

총 739건의 자료를 이용하여 공정율별 위험강도를 계산한 결과는 <표 4-11>, <표 4-12>와 같다. 공사완료 후의 위험강도가 가장 높게 나타났으나, 재해건수가 너무 적어서 다른 공정율과 직접 비교하는 것은 적절하지 않다고 판단된다. 그 다음으로 5% 미만의 공정율이 위험한 것으로 나타났으며, 51%~60%와 71%~80% 사이의 공정율에서도 비교적 재해의 강도가 큰 것으로 나타났다.

<표 4-11> 공정율별 위험강도(I)

구 분	재해	부상	사망	환산부상자수	환산재	휴업예정일수			환산재해자	휴업예정일	위험강도
	건수 (1)	자수 (2)	자수 (3)	(3)×12 (4)	해자수 (5)	부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)	수/재해건수 (9)	수/재해건수 (10)	
											(11)
5% 미만	20	22	4	48	70	1,571	30,000	31,571	3.50	1,578.55	74.33
5% 이상~10% 이하	45	42	3	36	78	3,109	22,500	25,609	1.73	569.09	31.41
11%~20%	88	89	9	108	197	6,305	67,500	73,805	2.24	838.69	43.33
21%~30%	78	74	6	72	146	5,683	45,000	50,683	1.87	649.78	34.87
31%~40%	73	68	8	96	164	5,398	60,000	65,398	2.25	895.86	44.86
41%~50%	68	58	10	120	178	4,110	75,000	79,110	2.62	1,163.38	55.18
51%~60%	58	48	10	120	168	3,497	75,000	78,497	2.90	1,353.40	62.61
61%~70%	67	57	10	120	177	4,218	75,000	79,218	2.64	1,182.36	55.89
71%~80%	83	81	13	156	237	5,894	97,500	103,394	2.86	1,245.71	59.64
81%~90%	82	74	11	132	206	5,177	82,500	87,677	2.51	1,069.23	51.83
91% 이상~100% 이하	74	74	8	96	170	6,150	60,000	66,150	2.30	893.92	45.32
공사완료 후	3	2	1	12	14	171	7,500	7,671	4.67	2,557.00	109.24

(n=739)

<표 4-12> 공정유별 위험강도(Ⅱ)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자 수/재해건수 (9)	휴업예정일 수/재해건수 (10)	위험강도 (11)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)			
5% 미만	20	22	4	48	70	1,571	3,744	5,315	3.50	265.75	30.50
5% 이상~10% 이하	45	42	3	36	78	3,109	2,808	5,917	1.73	131.49	15.10
11%~20%	88	89	9	108	197	6,305	8,424	14,729	2.24	167.38	19.36
21%~30%	78	74	6	72	146	5,683	5,616	11,299	1.87	144.86	16.47
31%~40%	73	68	8	96	164	5,398	7,488	12,886	2.25	176.52	19.91
41%~50%	68	58	10	120	178	4,110	9,360	13,470	2.62	198.09	22.77
51%~60%	58	48	10	120	168	3,497	9,360	12,857	2.90	221.67	25.34
61%~70%	67	57	10	120	177	4,218	9,360	13,578	2.64	202.66	23.14
71%~80%	83	81	13	156	237	5,894	12,168	18,062	2.86	217.61	24.93
81%~90%	82	74	11	132	206	5,177	10,296	15,473	2.51	188.70	21.77
91% 이상~100% 이하	74	74	8	96	170	6,150	7,488	13,638	2.30	184.30	20.58
공사완료 후	3	2	1	12	14	171	936	1,107	4.67	369.00	41.50

(n=739)

(5) 직종별

직종별 위험강도에 이용한 자료수는 518건이며 <표 4-13>, <표 4-14>에 그 결과를 제시하였다. 상대 위험강도가 가장 높은 직종은 기계설치공과 철골공이며, 그 다음으로 전공의 위험강도가 높게 나타났다. 중기운전공, 케이블전공, 단열공은 상대적으로 위험강도가 낮았다.

<표 4-13> 직종별 위험강도(I)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자수 /재해건수 (9)	휴업예정일수 /재해건수 (10)	위험강도 (11)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)			
기계설치공	1	-	1	12	12	-	7,500	7,500	12.00	7,500.00	300.00
철골공	1	-	1	12	12	-	7,500	7,500	12.00	7,500.00	300.00
전공	2	1	1	12	13	270	7,500	7,770	6.50	3,885.00	158.91
도장공	8	7	2	24	31	701	15,000	15,701	3.88	1,962.63	87.21
타일공	13	11	3	36	47	1,143	22,500	23,643	3.62	1,818.69	81.09
미장공	19	15	4	48	63	1,572	30,000	31,572	3.32	1,661.68	74.23
용접공	17	14	3	36	50	1,242	22,500	23,742	2.94	1,396.59	64.09
보통인부	276	253	39	468	721	18,920	292,500	311,420	2.61	1,128.33	54.29
배관공	7	6	1	12	18	372	7,500	7,872	2.57	1,124.57	53.78
목공	119	116	12	144	260	7,580	90,000	97,580	2.18	820.00	42.33
조적공	12	11	1	12	23	1,101	7,500	8,601	1.92	716.75	37.06
철근콘크리트공	38	36	2	24	60	3,294	15,000	18,294	1.58	481.42	27.57
중기운전공	3	3	-	-	3	480	-	480	1.00	160.00	12.65
케이블전공	1	1	-	-	1	150	-	150	1.00	150.00	12.25
단열공	1	1	-	-	1	21	-	21	1.00	21.00	4.58

(n=518)

<표 4-14> 직종별 위험강도(Ⅱ)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자수 /재해건수 (9)	휴업예정일수 /재해건수 (10)	위험강도 (11)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)			
기계설치공	1	-	1	12	12	-	936	936	12.00	936.00	105.98
철골공	1	-	1	12	12	-	936	936	12.00	936.00	105.98
전공	2	1	1	12	13	270	936	1,206	6.50	603.00	62.61
도장공	8	7	2	24	31	701	1,872	2,573	3.88	321.63	35.30
타일공	13	11	3	36	47	1,143	2,808	3,951	3.62	303.92	33.15
미장공	19	15	4	48	63	1,572	3,744	5,316	3.32	279.79	30.46
용접공	17	14	3	36	50	1,242	2,808	4,050	2.94	238.24	26.47
보통인부	276	253	39	468	721	18,920	36,504	55,424	2.61	200.81	22.90
배관공	7	6	1	12	18	372	936	1,308	2.57	186.86	21.92
목공	119	116	12	144	260	7,580	11,232	18,812	2.18	158.08	18.58
조적공	12	11	1	12	23	1,101	936	2,037	1.92	169.75	18.04
철근콘크리트공	38	36	2	24	60	3,294	1,872	5,166	1.58	135.95	14.65
중기운전공	3	3	-	-	3	480	-	480	1.00	160.00	12.65
케이블전공	1	1	-	-	1	150	-	150	1.00	150.00	12.25
단열공	1	1	-	-	1	21	-	21	1.00	21.00	4.58

(n=518)

다. 아파트 건설공사

(1) 직종별

1,194건의 자료 중에서 재해건수가 5건 미만인 직종을 제외하고 아파트 건설공사의 직종별 위험지수를 산정한 결과는 <표 4-15>, <표 4-16>과 같다. 위험지수가 가장 높은 직종은 비계공이며, 그 다음으로 철근콘크리트공, 타일공의 순서로 나타났다. 보통인부의 위험강도는 가장 높게 나타나 재해를 당했을 경우 근로손실 가능일이 커진다고 볼 수 있지만, 인원수를 고려하여 산정한 위험지수는 매우 작게 나타나 작업자가 재해를 당할 가능성은 작다고 볼 수 있다.

<표 4-15> 직종별 위험지수(I)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자 수/재해건수 (9)	휴업예정일 수/재해건수 (10)	위험 강도 (11)	인력구 성(%) (12)	위험 지수 (13)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)					
비계공	32	32	1	12	44	1,600	7,500	9,100	1.4	284.4	19.8	0.31	1.00
철근콘크리트 공	25	25	4	48	73	1,260	30,000	31,260	2.9	1,250.4	60.4	1.26	0.74
타일공	5	5	1	12	17	368	7,500	7,868	3.4	1,573.6	73.1	1.66	0.68
도장공	19	19	6	72	91	981	45,000	45,981	4.8	2,420.1	107.7	2.56	0.65
미장공	43	43	7	84	127	2,206	52,500	54,706	3.0	1,272.2	61.3	4.10	0.23
목공	125	125	14	168	293	6,444	105,000	111,444	2.3	891.6	45.7	3.32	0.21
전공	18	18	5	60	78	777	37,500	38,277	4.3	2,126.5	96.0	9.97	0.15
내장공	5	5	-	-	5	257	-	257	1.0	51.4	7.2	0.84	0.13
조적공	24	24	-	-	24	1,162	-	1,162	1.0	48.4	7.0	1.27	0.08
용접공	13	13	-	-	13	817	-	817	1.0	62.8	7.9	1.50	0.08
보통인부	354	353	112	1,344	1,697	21,931	840,000	861,931	4.8	2,434.8	108.0	35.39	0.05
방수공	32	32	-	-	32	1,215	-	1,215	1.0	38.0	6.2	2.17	0.04
철근공	98	98	1	12	110	4,393	7,500	11,893	1.1	121.4	11.7	5.32	0.03
배관공	20	20	-	-	20	1,290	-	1,290	1.0	64.5	8.0	5.34	0.02
형틀목공	316	316	8	96	412	15,121	60,000	75,121	1.3	237.7	17.6	14.33	0.02
견출공	24	24	-	-	24	1,068	-	1,068	1.0	44.5	6.7	-	-
설비공	21	21	-	-	21	1,119	-	1,119	1.0	53.3	7.3	-	-
토공	8	8	1	12	20	412	7,500	7,912	2.5	989.0	49.7	-	-
파일항타공	7	7	-	-	7	421	-	421	1.0	60.1	7.8	-	-
호이스트운전 원	5	5	-	-	5	317	-	317	1.0	63.4	8.0	-	-

(n=1,194)

<표 4-16> 직종별 위험지수(Ⅱ)

구 분	재해 건수	부상 자수	사망 자수	환산부상자수 (3)×12	환산재 해자수	휴업예정일수			환산재해자 수/재해건수	휴업예정일 수/재해건수	위험 강도	인력구성 비율(%)	위험 지수
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
비계공	32	32	1	12	44	1,600	53	1,653	1.4	51.7	8.4	0.31	1.00
철근콘크리트 공	25	25	4	48	73	1,260	212	1,472	2.9	58.9	13.1	1.26	0.38
타일공	5	5	1	12	17	368	53	421	3.4	84.2	16.9	1.66	0.37
내장공	5	5	-	-	5	257	-	257	1.0	51.4	7.2	0.84	0.31
도장공	19	19	6	72	91	981	318	1,299	4.8	68.4	18.1	2.56	0.26
조적공	24	24	-	-	24	1,162	-	1,162	1.0	48.4	7.0	1.27	0.20
용접공	13	13	-	-	13	817	-	817	1.0	62.8	7.9	1.50	0.19
목공	125	125	14	168	293	6,444	742	7,186	2.3	57.5	11.6	3.32	0.13
미장공	43	43	7	84	127	2,206	371	2,577	3.0	59.9	13.3	4.10	0.12
방수공	32	32	-	-	32	1,215	-	1,215	1.0	38.0	6.2	2.17	0.10
전공	18	18	5	60	78	777	265	1,042	4.3	57.9	15.8	9.97	0.06
배관공	20	20	-	-	20	1,290	-	1,290	1.0	64.5	8.0	5.34	0.05
철근공	98	98	1	12	110	4,393	53	4,446	1.1	45.4	7.1	5.32	0.05
형틀목공	316	316	8	96	412	15,121	424	15,545	1.3	49.2	8.0	14.33	0.02
보통인부	354	353	112	1,344	1,697	21,931	5,936	27,867	4.8	78.7	19.4	35.39	0.02
견출공	24	24	-	-	24	1,068	-	1,068	1.0	44.5	6.7	-	-
설비공	21	21	-	-	21	1,119	-	1,119	1.0	53.3	7.3	-	-
토공	8	8	1	12	20	412	53	465	2.5	58.1	12.1	-	-
파일항타공	7	7	-	-	7	421	-	421	1.0	60.1	7.8	-	-
호이스트운전 원	5	5	-	-	5	317	-	317	1.0	63.4	8.0	-	-

(n=1,194)

(2) 공종별

총 1,074건의 자료 중에서 5건 미만의 공종을 제외하고 공종별 위험강도를 산출한 결과는 <표 4-17>, <표 4-18>과 같다. 위험강도가 가장 높은 공종은 창호·유리공사와 가설공사로 나타났으며, 비계공사, 목공사, 미장공사도 다른 공종에 비하여 높은 값을 보이고 있다. 재해분석결과에서도 철근콘크리트공사, 목공사, 미장공사 등에서 재해가 많이 발생하고 있으며, 해당 공종에 종사하는 형틀목공, 미장공 등의 직종에서 재해가 많이 발생하는 것으로 보아, 위험강도가 높은 공종은 재해발생빈도와 치명도도 높음을 알 수 있다.

전기공사는 사고 발생건수가 높으며 위험강도의 크기도 큰 것으로 나타났다. 따라서, 전기공사는 중대 재해가 많이 발생하는 공종 중의 하나이며, 작업 특성상 작업자에게 치명적인 재해를 끼칠 수 있으므로 매우 위험한 공종이라고 할 수 있다.

공종별 위험지수와 직종별 위험지수의 크기에 따른 상대적 순위는 다소 다르게 나타나고 있다. 방수공과 방수방습공사의 경우가 여기에 해당되는데 작업자들이 해당 작업에서 재해를 당하는 경우도 있지만, 건설공사의 작업형태는 매우 복잡하여 당해 작업과 무관하게 재해를 많이 입고 있기 때문이다.

<표 4-17> 공종별 위험강도(I)

구 분	재해 건수 (1)	부상 자수 (2)	사망 자수 (3)	환산부상자수 (3)×12 (4)	환산재 해자수 (5)	휴업예정일수			환산재해자 수/재해건수 (9)	휴업예정일 수/재해건수 (10)	위험강도 (11)
						부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)			
창호유리공사	6	6	3	36	42	250	22,500	22,750	7.0	3,791.7	162.9
가설공사	21	21	10	120	141	1,527	75,000	76,527	6.7	3,644.1	156.4
미장공사	42	42	17	204	246	2,112	127,500	129,612	5.9	3,086.0	134.4
철근콘크리트공사	125	131	44	528	659	7,728	330,000	337,728	5.3	2,701.8	119.3
전기공사	20	21	7	84	105	865	52,500	53,365	5.3	2,668.3	118.4
도장공사	16	16	5	60	76	962	37,500	38,462	4.8	2,403.9	106.9
정리정돈	86	85	21	252	337	5,331	157,500	162,831	3.9	1,893.4	86.1
방수방습공사	23	42	4	48	90	2,071	30,000	32,071	3.9	1,394.4	73.9
보온공사	5	5	1	12	17	328	7,500	7,828	3.4	1,565.6	73.0
타일공사	6	6	1	12	18	464	7,500	7,964	3.0	1,327.3	63.1
목공사	81	83	10	120	203	4,085	75,000	79,085	2.5	976.4	49.5
흙막이공사	25	25	1	12	37	1,614	7,500	9,114	3.5	364.6	35.7
이동중	30	30	1	12	42	1,342	7,500	8,842	1.4	294.7	20.3
형틀공사	230	230	7	84	314	11,243	52,500	63,743	1.4	277.1	19.5
해체공사	80	82	2	24	106	3,728	15,000	18,728	1.3	234.1	17.6
토목배관 및 배수공사	36	38	9	108	146	2,202	67,500	69,702	4.1	74.2	17.3
철근공사	81	81	1	12	93	3,852	7,500	11,352	1.1	140.1	12.7
운반공사	76	76	1	12	88	2,927	7,500	10,427	1.2	137.2	12.6
철강철골공사	6	6	-	-	6	446	-	446	1.0	74.3	8.6
지붕공사	5	5	-	-	5	356	-	356	1.0	71.2	8.4
조적공사	6	6	-	-	6	384	-	384	1.0	64.0	8.0
설비공사	14	14	-	-	14	847	-	847	1.0	60.5	7.8
파일공사	7	7	-	-	7	421	-	421	1.0	60.1	7.8
견출공사	23	24	-	-	24	1,176	-	1,176	1.0	51.1	7.3
비계공사	14	14	-	-	14	642	-	642	1.0	45.9	6.8
인양공사	10	10	-	-	10	386	-	386	1.0	38.6	6.2

(n=1,074)

<표 4-18> 공종별 위험강도(Ⅱ)

구 분	재해 건수	부상 자수	사망 자수	환산부상자 수(3)×12	환산재 해자수	휴업예정일수			환산재해자수 /재해건수	휴업예정일수 /재해건수	위험강도
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	부상자 (6)	사망자 (7)	계 (8)	(9)	(10)	
가설공사	21	21	10	120	141	1,527	530	2,057	6.7	98.0	25.6
창호유리공사	6	6	3	36	42	250	159	409	7.0	68.2	21.8
철근콘크리트공사	125	131	44	528	659	7,728	2,332	10,060	5.3	80.5	20.6
미장공사	42	42	17	204	246	2,112	901	3,013	5.9	71.7	20.5
방수방습공사	23	42	4	48	90	2,071	212	2,283	3.9	99.3	19.7
도장공사	16	16	5	60	76	962	265	1,227	4.8	76.7	19.1
전기공사	20	21	7	84	105	865	371	1,236	5.3	61.8	18.0
토목배관 및 배수공사	36	38	9	108	146	2,202	477	2,670	4.1	74.2	17.3
정리정돈	86	85	21	252	337	5,331	1,113	6,444	3.9	74.9	17.1
보온공사	5	5	1	12	17	328	53	381	3.4	76.2	16.1
타일공사	6	6	1	12	18	464	53	517	3.0	86.2	16.1
목공사	81	83	10	120	203	4,085	530	4,615	2.5	57.0	11.9
흙막이공사	25	25	1	12	37	1614	53	1667	1.5	66.7	9.9
철강철골공사	6	6	-	-	6	446	-	446	1.0	74.3	8.6
지붕공사	5	5	-	-	5	356	-	356	1.0	71.2	8.4
형틀공사	230	230	7	84	314	11,243	371	11,614	1.4	50.5	8.3
이동중	30	30	1	12	42	1,342	53	1,395	1.4	46.5	8.1
조적공사	6	6	-	-	6	384	-	384	1.0	64.0	8.0
해체공사	80	82	2	24	106	3,728	106	3,834	1.3	47.9	8.0
설비공사	14	14	-	-	14	847	-	847	1.0	60.5	7.8
파일공사	7	7	-	-	7	421	-	421	1.0	60.1	7.8
철근공사	81	81	1	12	93	3,852	53	3,905	1.1	48.2	7.4
견출공사	23	24	-	-	24	1,176	-	1,176	1.0	51.1	7.3
비계공사	14	14	-	-	14	642	-	642	1.0	45.9	6.8
운반공사	76	76	1	12	88	2,927	53	2,980	1.2	39.2	6.7
인양공사	10	10	-	-	10	386	-	386	1.0	38.6	6.2

(n=1,074)

제 5 장 결 론

건설공사에서 안전은 비용, 시간, 품질 등과 함께 매우 중요한 관리 대상이다. 정부는 건설산업의 재해예방을 위하여 많은 관심과 노력을 기울이고 있으며, 지속적인 제도개선을 통하여 안전관리의 효율성을 추구하고 있으나, 건설공사의 분야별 위험의 대소를 고려하지 않음으로써 비용이나 인력관리 측면에서 실효성이 낮다.

건설산업의 작업환경은 타 산업에 비하여 매우 열악한 실정이며, 작업공정이 반복적으로 수행되더라도 주어진 작업여건이 장소와 시간에 따라 변화함으로써 안전관리를 효율적으로 수행하기가 어렵다. 이러한 상황에서도 건설산업의 재해율은 점차 감소 추세에 있어 재해저감 노력이 그 열매를 맺고 있다고 볼 수 있으나, 재해의 빈도가 높은 직종이나 공종 등은 매년 그 수치가 높게 나타나 안전관리가 제대로 수행되지 않고 있음을 알 수 있다.

이러한 문제점들은 건설공사의 종류, 직종, 공종 등에 대한 위험의 대소를 고려하지 않고 자의적으로 경험에 의존하여 안전관리업무를 수행하고, 해당 건설공사의 특성과 공사여건을 고려하지 않고 획일적인 기준에 의거하여 안전관리자를 선임하거나 일정한 건축물의 높이 및 지하 깊이 등의 기준에 따라 유해위험방지계획서를 제출하도록 하고 있기 때문으로 생각된다.

이처럼 동일한 시설물과 공종의 작업을 수행하더라도 지역적인 여건, 지반조건 등의 건설공사 환경이 다양하게 나타나므로 건설산업의 재해예방업무는 타 산업과 비교하여 애로점이 많다. 재해저감을 위해서는 안전사고 자료에 대한 면밀한 검토와 재해의 위험 정도를 파악하여 해당 공사와 공종에 적합한 재해

예방대책을 수립할 필요가 있다.

이 연구에서는 민간기업의 안전사고 자료, 대한주택공사의 안전사고 자료, 안전공단의 산재보험금 지급관련 자료를 바탕으로 일반 건설공사와 아파트 공사에 대한 재해를 조사하여 각 분야별로 재해경향을 분석하였다. 건설공사의 각 분야별, 아파트 공사의 공종별·직종별 휴업예정일수, 재해자수 및 재해건수를 바탕으로 위험의 정도를 비교·평가하여 위험 강도를 산출하였다.

건설공사의 기술분야별 시설물별 위험지수 산정에는 상시근로자수 구성비율을 고려하였으며, 아파트 공사의 직종별 위험지수에는 소요인력 구성비율을 고려하였다.

주요한 연구성과를 요약하면 다음과 같다.

가. 일반 건설공사에 대한 분야별 위험 평가

산재보험금을 지급하는데 근간이 되는 것으로 재해자의 휴업예정(요양)일수, 직종, 공종 등이 기록되어 있는 요양신청서 자료와 민간기업의 안전사고 자료, 대한주택공사의 안전사고 자료를 바탕으로 재해건수, 재해자수, 인적피해, 재해건 당 휴업예정일수 등을 기준으로 건설공사와 아파트 공사의 분야별 위험 정도를 조사·평가하였다.

(1) 재해건수와 재해자수를 고려한 위험빈도 측면에서 볼 때, 기술분야별 시설물별로는 건축분야의 아파트와 상업·공공시설이 전체 시설물 중에서 재해가 가장 많이 발생하며, 토목분야에서는 도로, 지하철·전철, 산업설비분야에서

는 석유화학플랜트, 폐기물처리시설에서 재해가 많다.

사업장 규모별로는 5인(3억원) 미만 공사규모에서의 재해발생비율이 50% 이상을 차지하며, 그 다음으로 10~29인(6~18억원) 미만의 공사규모에서 재해가 많다.

직종별로는 보통인부가 가장 많은 재해를 입고 있으며, 그 다음으로 목공과 철근콘크리트공의 순으로 나타났다. 작업공정별로는 운반작업과 거푸집작업에서 재해가 많이 발생하고 있으며, 형틀작업과 철근작업도 비교적 많다.

공정율별로는 골조공사가 한창인 11~40%와 마감공종인 71~90%에서 재해발생빈도가 높다. 토목과 건축분야와는 다르게 산업설비분야는 대체로 마감공종 단계에서 재해가 많이 발생하고 있다. 공종별로 비교하여 보면, 철근콘크리트공사에서 가장 재해가 많이 발생하고 있으며, 그 다음으로 목공사로 나타났다. 철강철골공사, 전기공사, 미장공사에서도 위험빈도가 높다.

(2) 인적피해를 기준으로 재해의 강도를 비교하여 보면, 시설물별로는 수처리시설, 지하철·전철, 교량, 일반산업시설·폐기물처리시설에서는 재해자수는 적지만, 사망재해가 부상재해보다 많이 발생하고 있다.

사업장 규모별로는 토목부문의 5인(3억원) 미만과 2000인(1200억원) 이상에서 사망재해가 부상재해보다 다소 높게 나타나고 있다. 직종별로는 철근콘크리트공, 도장공, 용접공, 배관공 등이 보통인부와 목공에 비하여 재해자수는 적지만, 부상재해보다 사망재해가 많아 재해의 강도가 비교적 높은 직종으로 분류할 수 있다.

공정율별로는 산업설비분야에서의 공정율 51% 이상에서 사망재해가 부상재해보다 많거나 같게 나타나 위험하다고 볼 수 있다. 건축과 토목분야는 대부분의 공정율에서 부상재해가 많은 것으로 나타났지만, 건축분야의 공정율 51~60%에서 사망재해가 다소 높은 것으로 보아 위험정도가 크다. 작업공정별로

는 운반작업, 철근작업, 정리정돈, 가설물작업 등이 사망재해가 많이 발생하는 것으로 보아 재해의 치명도가 높다.

공종별로는 모든 공종에서 부상재해가 사망재해보다 많이 발생하고 있다. 철강철골공사의 경우는 부상재해자와 사망재해자의 구성비는 3:1인 반면에 철근콘크리트공사와 목공사는 9:1로 나타나 철강철골공사가 3배정도 위험하다고 볼 수 있다.

(3) 건당 휴업예정일수를 근간으로 재해의 강도를 비교하였다.

철도 시설물의 경우 재해건수는 6건에 불과하지만, 건당 휴업예정일수는 248일로 가장 많으며, 그 다음으로 일반산업시설·폐기물처리시설이 194일로 나타나, 위험이 많다고 볼 수 있다. 도로, 교량, 종합개발공사, 수처리시설은 아파트와 상업·공공시설에 비하여 재해건수는 적지만, 건당 휴업예정일수는 높은 것으로 나타나 재해의 강도가 크다.

공정유별 위험강도를 비교하여 보면, 51-60%에서는 상대적으로 재해가 적게 발생하지만, 건당 휴업예정일수는 137일로 높게 나타나 재해의 강도가 크다고 볼 수 있다. 71-90%에서는 건당 휴업예정일수와 재해건수가 모두 많은 것으로 나타나 재해의 강도가 높다고 볼 수 있다.

작업공정별로는 가설물작업이 157일로 가장 많으며, 철근작업과 견출작업, 방수작업에서는 재해건수가 적지만, 건당 휴업예정일수는 150일 이상으로 매우 높게 나타나 위험강도가 높다. 운반작업은 위험빈도도 높고 건당 휴업예정일수도 131일로 평균(133일) 값보다 높은 수치로 나타나 전체적인 위험도가 크다고 볼 수 있다. 거푸집작업은 재해는 많이 발생하고 있으나, 건당 휴업예정일수는 90일로 나타나 상대적인 위험강도는 낮은 편이다.

직종별로는 도장공, 미장공, 타일공의 건당 휴업예정일수가 170일 이상으로 다른 직종에 비하여 위험강도가 매우 높게 나타났으며, 위험빈도가 높은 보통

인부의 경우 28로 위험강도는 낮은 것으로 나타났다. 목공과 보통인부는 재해는 많이 발생하고 있으나 건당 휴업예정일수는 상대적으로 적은 것으로 나타나 위험강도는 낮다고 볼 수 있다.

공종별로는 엘리베이터설치공사가 304일로 건당 휴업예정일수가 가장 많으며, 창호유리공사도 285일로 높은 값을 나타내고 있다. 반면에, 위험빈도가 높은 철근콘크리트공사와 목공사는 건당 휴업예정일수가 적은 것으로 나타나 이들 공종은 위험빈도가 상대적으로 크다고 판단된다.

나. 일반 건설공사의 위험강도 및 위험지수 산정

재해건 당 재해자수와 재해건 당 휴업예정일수의 기하평균을 취하여 위험강도를 산정하였으며, 기술분야별 시설물부문에서는 상시근로자수를 고려하여 위험지수를 구하였다.

(1) 기술분야별 시설물별

가장 위험한 기술분야는 산업설비분야이며, 그 중에서 위험지수가 가장 높은 시설물은 제조설비시설로 나타났다. 건축분야와 토목분야는 산업설비분야에 비하여 위험의 강도는 낮다고 볼 수 있으나, 재해는 많이 발생하고 있다. 그 이유는 건축과 토목분야의 계약실적이 대부분을 차지하고 있기 때문으로 보인다. 건축분야는 상업·공공시설과 종합레저·체육·사교시설, 토목분야는 철도와 터널시설의 위험지수가 높게 나타나 위험한 시설물이라고 할 수 있다.

(2) 작업공정별

골조공사와 관련되는 비계작업과 형틀작업이 가장 위험한 작업공정으로 나타났다으며, 그 다음이 철근작업과 거푸집작업이었다. 비계작업의 경우 표본으

로 이용된 자료가 전수 사망재해로 위험강도 결과에 그대로 반영되었으며, 형틀작업도 사망재해자수가 부상재해자수의 2배에 달하여 위험의 정도가 큰 것으로 나타났다.

(3) 공종별

엘리베이터설치공사의 위험강도가 가장 큰 것으로 나타났으며, 창호유리공사, 개간공사·토질토양공사·측량공사도 비교적 위험강도가 높은 공종이었다. 철근콘크리트공사의 경우 재해는 많이 발생하고 있으나, 상대적으로 위험강도는 낮으며, 금속철물공사, 보일러·펌프·송풍기설치공사는 위험의 강도가 낮게 나타났다.

(4) 공정율별

공사완료 후의 위험강도가 가장 높게 나타났으나, 재해건수가 너무 적어서 다른 공정율과 직접 비교하는 것은 적절하지 않다고 판단된다. 그 다음으로 5% 미만의 공정율이 위험한 것으로 나타났으며, 51~60%와 71~80% 사이의 공정율에서도 비교적 재해의 강도가 큰 것으로 나타났다.

(5) 직종별

상대 위험강도가 가장 높은 직종은 기계설치공과 철골공이며, 그 다음으로 전공의 위험강도가 높게 나타났다. 중기운전공, 케이블전공, 단열공은 상대적으로 위험강도가 낮았다. 재해건수는 보통인부와 철근콘크리공이 많지만, 위험강도는 낮게 나타나고 있다.

다. 아파트 공사의 위험강도 및 위험지수 산정

아파트 건설공사의 직종별 위험지수는 대한주택공사의 “주택공사비분석자료”의 직종별 평균 소요인력 구성비를 고려하여 산정하였다.

(1) 직종별

위험지수가 가장 높은 직종은 비계공이며, 그 다음으로 철근콘크리트공, 타일공의 순서로 나타났다. 보통인부의 위험강도는 가장 높게 나타나 재해를 당했을 경우 근로손실 가능일이 커진다고 볼 수 있지만, 인원수를 고려하여 산정한 위험지수는 매우 작게 나타나 작업자가 재해를 당할 가능성은 작다고 볼 수 있다.

(2) 공종별

위험강도가 가장 높은 공종은 창호·유리공사와 가설공사로 나타났으며, 비계공사, 목공사, 미장공사도 다른 공종에 비하여 높은 값을 보이고 있다. 재해 분석결과에서도 철근콘크리트공사, 목공사, 미장공사 등에서 재해가 많이 발생하고 있으며, 해당 공종에 종사하는 형틀목공, 미장공 등의 직종에서 재해가 많이 발생하는 것으로 보아, 위험강도가 높은 공종은 재해발생빈도와 치명도도 높음을 알 수 있다.

전기공사는 사고 발생건수가 높으며 위험강도의 크기도 큰 것으로 나타났다. 따라서, 전기공사는 중대재해가 많이 발생하는 공종 중의 하나이며, 작업 특성상 작업자에게 치명적인 재해를 끼칠 수 있으므로 매우 위험한 공종이라고 할 수 있다.

향후 수행될 건설공사의 위험지수 정량화 연구에서는 직종과 공종에 대한 실근로시간수, 근로자수 등을 고려하고, 이를 기술분야별, 공사규모별, 시설물별, 공정율별 등으로 보다 세분화하여 건설공사의 위험 정도를 파악할 필요가 있다. 위험지수를 바탕으로 시설물, 공종, 직종 등에 적합한 안전관리계획을 수립하고 안전관리자를 배치함으로써 관리적 측면에서 효율성을 높여 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 이내우 · 이진우, 산업안전기술자를 위한 위험성 평가, 도서출판 동화기술, 1997
2. 건설교통부, 건설공사의 확률적 위험도분석평가 기법 개발, 1996
3. 노동부, 산업안전분석, 1994-1996
4. 노동부, 산업안전보건법, 1997. 11
5. 노동부, 산업재해원인분석, 1994-1996
6. 대림산업주식회사, 안전환경부 내부자료, 1999
7. 대한건설협회, 건설업통계연보, 1996-1998
8. 대한주택공사, 주택공사비분석자료, 1998
9. 대한주택공사 주택연구소, 공동주택 건설현장의 안전시설 및 관리비 적정화 연구, 1994. 12
10. 대한건설협회, 건설공사 안전관리 계획서 작성지침, 1997
11. 대한건축학회, 1999년도 추계학술발표대회 논문집 제19권 제2호, pp834-839,
12. 대한건축학회, 1999년도 추계학술발표대회 논문집 제19권 제2호, pp.968-973
13. 서울대학교 공학연구소 · (주)금호건설, 건설안전관리론, 1996. 3
14. 엘지(LG) 화재, 공사와 보험, 1995. 7
15. 한국건설기술연구원, 건설정보분류체계 매뉴얼, 1996
16. 한국산업안전공단, 건설 중대재해 사례와 대책, 1996-1998
17. 한국산업안전공단, 건설안전활동 평가기준 개발에 관한 연구, 1993
18. 한국산업안전공단, 산업재해조사표코드분류집
19. 한국산업안전공단, 산업재해예방을 위한 제도발전방안에 관한 연구, 1997. 12
20. 한국산업안전공단, 통계로 보는 1997년도 산업재해 원인분석, 1998. 8

21. 한국산업안전공단, 프로세스 위험성 평가기법에 관한 연구, 1994. 12
22. 한국산업안전학회, 산업재해로 인한 업종별 직·간접 손실액 산출기준에 관한 연구. 1997. 7
23. 한국산업안전공단, 종합안전관리제도개선방안에 관한 연구, 1997. 12. 31
24. M. Osama Jannadi, "Occupational Hazards Scheme of Social Insurance in Social Arabia: Overview" Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 12, No 2, ASCE, 1996
25. Jimmie Hinze and Katherine, "Identifying OSHA Paragraphs of Particular Interest", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 122, No 1, ASCE, 1996
26. John G. Everett, "Overexertion Injuries in Construction", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 125, No 2, ASCE, 1999
27. Jimmie Hinze, Caroline Pederson and John Fredley "Identifying Root Causes of Construction Injuries", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 124, No 1, ASCE, 1998
28. Donn E. Hancher, Jesus M. de la Garza and Gregory K. Eckert, "Improving Workers' Compensation Management in Construction", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 123, No 3, ASCE, 1996
29. Jesus M. de la Garza, Donn E. Hancher and Lisa Decker, "Analysis of Safety Indicators in Construction", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 124, No 4, ASCE, 1998

건설공사 종류별 위험도조사 및 정량화 지수연구

건설분야 연구보고서(연구원 2000-20-140)

발 행 일 : 1999.12

발 행 인 : 원 장 정 호 근

연구책임자 : 책임연구원 최 순 주

발 행 처 : 한국산업안전공단
산업안전보건연구원
안전공학연구실

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : (032)5100-851

F A X : (032)5100-867

인 쇄 처 : 영진인쇄사 (02)734-3713