

연구보고서
기안연 96-2-2

신체장해 유발원인 분석을 통한 프레스 등 위험기계의 안전대책 연구

1996. 12



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

요 약 문

I. 제목

신체장해 유발원인 분석을 통한 프레스등 위험기계의 안전대책연구

II. 연구 기간: 1996년 3월 15일 ~ 1996년 12월 31일

III. 연구의 배경 및 목적

우리나라에서 산업재해의 상황은 이제까지 손실액, 손실일수 그리고 신체장해자의 숫자에 있어서 지속적으로 증가되는 경향을 보여왔다. 특히 프레스등 위험기계에 관련된 재해는 그동안 정부의 방호장치보급 등 꾸준한 지원에도 불구하고 투입된 재원을 고려하면 관련사고의 재해율이나 강도율에 있어서 그리 커다란 효과를 거두어왔다고는 볼 수 없다. 이것은 사고의 근본적인 원인이 그동안 우리나라의 영세중소기업에 있어서 일반적인 재해의 원인이라고 알려진 자동화설비의 미비, 안전설비의 미비등의 물적인 원인이라기 보다는 인적인 원인에 대한 대책에 문제가 많았던 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 일선작업자 입장에 서서 이제까지 정책적으로 중점을 두어왔던 물적원인보다는 인적인 재해원인에 대한 고찰을 통하여 핵심위험요인들을 도출하고 새로운 방향에서 여러 가지 측면의 안전대책을 개발하고자 하였다.

IV. 연구의 내용 및 방법

1. 위험기계에 대한 고찰

프레스등 위험기계는 현대 산업구조의 특성상 매우 높은 재해율을 보인다. 본 연구에서는 특히 프레스 및 전단기, 로울러기, 등근톱 등의 위험기계류에 대한 안전대책을 연구하기에 앞서서 실태조사에 필요한 위험요인들을 도출하기 위하여 위험기계의 작업, 재해현황, 일반적인 사고원인 그리고 방호장치 등에 대한 일반적 고찰을 하였다.

2. 실태조사

문헌조사 및 위험기계에 대한 고찰 결과를 토대로 하여 위험기계 관련재해에

대한 모든 가능한 인적, 물적 원인에 대해서 실태조사를 하였다. 크게 네부분(사고기록, 미사고자면담, 작업환경조사, 인간공학설문)으로 나누어서 조사를 수행하였다. 첫째로, 사고기록에서는 사고의 일반적인 내용을 조사하였고 둘째로, 미사고자 면담에서는 해당위험기계관련 작업을 10년이상 수행하여온 작업자들을 대상으로, 주작업내용, 작업자의견, 안전관리 및 교육의 중요성 등에 대하여 조사를 하였으며 사고자와는 어떤차이가 있는지 그리고 그동안 수많은 재해의 위험을 극복하여온 그들의 안전에 대한 개념은 무엇인지를 알아보았다. 셋째로, 작업환경조사에서는 인간공학연구에서 많이 언급되는 기계와 인간, 작업대와 인간과의 계면(interface)등의 작업에 관련되는 물리적인 환경과 재해의 관계를 조사하였으며 Logistic Model을 이용하여 통계적으로 유의성이 높은 위험요인들을 도출하였다. 마지막으로 인간공학 설문에서는 사고경험이 있건, 없건 현재 현장에서 일하는 작업자들과 최근에 위험기계관련 재해로 병원에 입원하고 있는 작업자들을 대상으로 조사하였다. 사고자와 비사고자 간의 혹은 사고자중에서도 현재 현장에 있는 사람과 병원에 있는 사람들 간의 인적요소, 환경요소, 제어판넬요소에 관한 반응에 있어서 어떤차이가 있는지를 알아보았다.

3. 계층분석기법(AHP)의 적용

이제까지 위험기계관련 재해사례에 대한 이론적인 분석기법이 별무한 상태에서, 주관적이고 잠재적인 기준을 포함하는 복잡미묘한 정보가 혼재되어 있는 상황을 효율적으로 다룰수 있게 정량/정성분석을 모두 수행할수 있는 AHP 기법을 이용하여 고려된 모든 위험요인들의 우선도 그리고 대응하는 안전대책을 결정하는 과정 및 방법을 제시하였으며 이제까지 축적된 데이터를 대상으로 분석을 하였다. 분석결과 전단계에서 도출된 위험요인을 상세하게 분류하였고 각 위험기계(프레스 및 전단기, 등근톱, 로울러)별로 세부원인들에 대한 위험도 순위를 결정하였고 각 상황에 맞는 안전대책의 방향을 제시하였다.

4. 사용자 위주 AHP프로그램의 개발

전 단계에서 언급한 AHP분석방법 및 결과를 일반인들이 이용할 수 있도록 사용자 위주 프로그램을 개발하였다. 특히 AHP의 특성상 어느 정도의 기간의 교육없이 일반인이 수행할 수 없다는 기술적인 제한요소와 본 연구의 여러 가지 여건상 전국의 안전관리자들을 다 분석할 수 없다는 관점에서 일

반인이 프로그램 안에서 쉽게 이해를 해가면서 분석을 할 수 있도록 하였다. 또한 이 프로그램뿐만 아니라 이제까지 축적된 안전관리 전문가들로부터 얻은 데이터를 몇 가지 유형으로 나누어서 일선관리자 및 사업주가 각기 자기 상황에 알맞은 안전대책을 수립할 수 있도록 도와주는 사용자 위주 프로그램을 개발하였다.

V. 결론

실태조사를 통하여 개별위험원인들의 영향력을 조사하여 핵심원인들을 도출하였고 그에 대응하는 현실적인 대책을 제시하였다. 계층구조분석(AHP)을 통하여는 앞서 도출된 원인과 대책들을 좀 더 세분화하고 체계화시켰다. 이제까지의 일률적이었던 평가방법 및 안전대책과는 다르게, 받아들이는 입장에서 작업장에서나 작업자들이 각각 상황에 제일 알맞는 위험요인평가를 하고 대책을 다양하게 선택할 수 있도록 하였다. 또한 위험기계관련재해에 대한 계층구조에 대한 분석과정을 사용자위주로 프로그램화하여 현장에서 자체적으로 위험기계에 대한 사고유발 가능성이 있는 원인을 진단하고, 그에 대책을 마련하고, 계속 데이터를 축적해 나갈 수 있는 객관적인 틀을 제시하였다. 이제까지의 결과를 토대로한 구체적인 대책으로는 주로 인간적인 원인에 대한 것들이 주류를 이루었다. 이 계층구조분석결과 도출된 안전대책의 큰 주제들은 안전교육, 소그룹활동의 활성화, 작업순환, 산업공학기법의 일반화, 기계/설비구조의 개선, 정량화된 작업환경평가서의 개발, 자율안전관리의 확대실시, 적성점사, 생산혁신 운동의 산업안전과의 접목, Built-in 안전장치등에 관한 것이었다.

여 백

목 차

요약문	i
표목차	vii
그림목차	x
 1. 서론	 1
1.1 연구의 배경	1
1.2 연구의 동기	2
1.3 연구의 목표	3
1.4 연구방법	4
2. 위험기계(프레스 등)에 대한 고찰	7
2.1 기인물별 재해 발생 현황	7
2.1.1 중대 재해 중 프레스 등 위험 기계별 재해 발생 현황	7
2.1.2 사망 재해 중 프레스 등 위험 기계별 재해 발생 현황	8
2.2 관리적 원인별 재해 발생 현황	8
2.2.1 중대재해 중에 관리적 원인별 재해 발생 현황	8
2.2.2 사망재해 중에 관리적 원인별 재해 발생 현황	9
2.3 프레스 등 위험 기계의 사고 원인 및 내용	10
2.3.1 프레스 및 전단기의 사고 원인 및 내용	10
2.3.2 로울러기의 사고 원인 및 안전화 방법	12
2.3.3 등근톱의 사고 원인 및 방호 장치	13
2.4 기계설비의 안전 조건	14
3. 실태조사	16
3.1 사고기록	16
3.1.1 조사항목 및 설정배경	16
3.1.2 분석결과(사고기록)	18
3.2 미사고자 면담	22
3.2.1 조사항목 및 설정배경	22
3.2.2 분석결과(미사고자면담)	24
3.3 작업환경조사서	27
3.3.1 조사항목 및 설정배경	27
3.3.2 분석방법	29
3.3.3 분석결과(작업환경)	34
3.4 인간공학 설문	38

3.4.1 조사항목 및 설정배경	38
3.4.2 분석방법	40
3.4.3 분석결과(인간공학설문)	43
4. AHP를 이용한 위험기계사고의 원인분석 및 대책마련	54
4.1 계층화 의사결정법(AHP)	56
4.1.1 AHP의 개요	56
4.1.2 AHP의 절차	56
4.1.3 계층구조의 구성	57
4.1.4 평가기준간의 쌍별비교	57
4.1.5 가중치의 추정	59
4.1.6 대안의 최중가중치의 계산	62
4.1.7 고유치방법을 이용한 계산예	62
4.1.8 그룹의사결정	65
4.2 AHP를 이용한 위험기계사고의 분석과정	66
4.2.1 AHP적용을 위한 새로운 계층구조의 제안	66
4.2.2 보정가중치	67
4.2.3 계층구조의 구성	68
4.2.3.1 목표의 결정	68
4.2.3.2 위험기계사고의 세부원인의 결정(I: 인간, 작업)	69
4.2.3.3 위험기계사고의 세부원인의 결정(II: 기계, 관리)	70
4.2.3.4 위험기계사고의 세부원인별 대책의 결정	72
4.2.3.5 계층구조	83
4.3 설문조사를 통한 원인과 대책들간의 쌍별비교	87
4.3.1 원인들간의 쌍별비교	87
4.3.2 대책들간의 쌍별비교	87
4.4 AHP분석을 위한 PROGRAM의 개발	90
4.4.1 Program의 개요	90
4.4.2 Program의 개발	90
4.4.3 Program의 구성	91
4.4.4 Program의 기대효과	91
4.5 결과	92
4.5.1 프레스 및 전단기	92
4.5.2 등근톱	104
4.5.3 로울러	105
5. 결론 및 제언	108
5.1 위험기계재해의 일반적인 원인	108

5.2 세부적인 원인 및 안전대책	112
5.2.1 프레스 및 전단기	112
5.2.1.1 인간적인 원인을 강조한 유형	112
5.2.1.2 관리적인 원인을 강조한 유형	115
5.2.1.3 작업적인 원인을 강조한 유형	116
5.2.1.4 기계적인 원인을 강조한 유형	118
5.2.2 등근통	119
5.2.3 로울러	121
5.3 결론 및 제언	125
<참 고 문 헌>	127
<부록>	129
A. 사고기록일지	129
B. 미사고자면담기록	133
C. 작업환경조사서	141
D. 인간공학설문지	145
E. AHP 분석 프로그램의 사용	153
E.1 프로그램의 시작	155
E.2 초기화면	155
E.3 기본 메뉴바	155

표 목 차

표 2-1 '95 중대 재해 중 프레스 등 위험 기계 재해현황	7
표 2-2 '95 사망재해 중 프레스 등 위험기계별 재해현황	8
표 2-3 '95 중대재해 중 관리적 원인별 재해현황	9
표 2-4 '95 사망 재해 중 관리적 원인별 재해현황	9
표 2-5 실태조사 대상 사업장의 연도별 재해 현황	11
표 2-6 실태조사 대상 사업장의 종류별 재해발생 현황	11
표 3-1 독립변수가 두 가지일 때 로지스틱 회귀모형의 반응값	33
표 3-2 기계작업환경조사서	35
표 3-3 위험작업환경요인 2차	36
표 3-4 2차 회귀분석결과	36
표 3-5 $r \times c$ 분할표	42
표 4-1 Saaty의 9점척도의 내용	59
표 4-2 n 의 개수에 따른 RI의 값	61
표 4-3 작업자세의 인간공학적 특성	73
표 4-4 기본 인체측량자료	75
표 4-5 제어장치의 종류 및 특성	76
표 4-6 인간의 양립성을 고려한 제어개념	76
표 4-7 세부원인별 대책에 대한 종합가중치	88
표 4-8 각 업체별 최상위 계층과 최하위 계층의 세부원인에 대한 가중치	93
표 4-9 각 업체별 상위 5개 대책에 대한 가중치	96
표 4-10 인간적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 원인	99
표 4-11 인간적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 대책	100
표 4-12 기계적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 원인	100
표 4-13 기계적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 대책	101
표 4-14 작업적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 원인	101
표 4-15 작업적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 대책	102
표 4-16 관리적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 원인	103
표 4-17 관리적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 대책	103
표 4-18 등근톱을 사용하는 업체의 최상위 원인의 가중치	104
표 4-19 등근톱을 사용하는 업체의 상위 10개 원인	104
표 4-20 등근톱을 사용하는 업체의 상위 10개 대책	105
표 4-21 로울러 사용업체들의 최상위 계층과 최하위 계층의 세부원인에 대한 가중치	105
표 4-22 로울러 사용업체들의 상위 5개 대책에 대한 가중치	106

표 4-23 로울러 사용업체들의 상위 10개 원인	106
표 4-24 로울러 사용업체들의 상위 10개 대책	107
표 E-1 응답의 의미(프로그램사용시)	150

그 립 목 차

그림 3-1 월별 사고발생분포	18
그림 3-2 시간대별 사고발생분포	19
그림 3-3 연령별 사고발생분포	19
그림 3-4 근속년수별 사고발생분포	20
그림 3-5 상해부위별 사고발생분포	20
그림 3-6 발생시점별 사고발생분포	21
그림 3-7 기인물상태별 사고발생분포	21
그림 3-8 가공종류별 사고발생분포	22
그림 3-9 위험작업의 종류	24
그림 3-10 안전을 위한 희망사항	25
그림 3-11 가까스로 피한 사고의 원인	25
그림 3-12 방호장치의 종류	26
그림 3-13 로지스틱 곡선	31
그림 3-14 빈도분포(문제5)	43
그림 3-15 빈도분포(문제9)	44
그림 3-16 빈도분포(문제10)	45
그림 3-17 빈도분포(문제21)	46
그림 3-18 빈도분포(문제22)	46
그림 3-19 빈도분포(문제26)	47
그림 3-20 빈도분포(문제7)	48
그림 3-21 빈도분포(문제8)	49
그림 3-22 빈도분포(문제10)	49
그림 3-23 빈도분포(문제16)	50
그림 3-24 빈도분포(문제17)	51
그림 3-25 빈도분포(문제20)	51
그림 3-26 빈도분포(문제21)	52
그림 3-27 빈도분포(문제22)	53
그림 4-1 k개의 계층을 갖는 일반적인 계층구조	58
그림 4-2 AHP의 적용을 위해 수정된 계층구조	67
그림 4-3 인간적인 측면에서의 계층구조	83
그림 4-4 기계적인 측면에서의 계층구조	84
그림 4-5 작업적인 측면에서의 계층구조	85
그림 4-6 관리적인 측면에서의 계층구조	86
그림 E-1 본 연구에서 개발한 프로그램의 초기화면	148

그림 E-2 기본 메뉴바	148
그림 E-3 응답 다이얼로그 박스	149
그림 E-4 Open Database 다이얼로그 박스	151
그림 E-5 Save As 다이얼로그 박스	153
그림 E-6 Delete 다이얼로그 박스	154
그림 E-7 Result 다이얼로그 박스	155
그림 E-8 Simple Test 다이얼로그 박스	156
그림 E-9 Search 다이얼로그 박스	157
그림 E-10 Data List 다이얼로그 박스	158
그림 E-11 Open Database 다이얼로그 박스	158
그림 E-12 GDM 다이얼로그 박스	159

1. 서론

1.1 연구의 배경

기업의 최대목적인 생산성 향상, 원가절감 및 인간복지의 실현을 이룩하기 위하여 최근 산업현장에서 가장 중요하게 떠오르는 과제중의 하나는 산업재해문제이다. 여기서 산업재해란 재해자 개인뿐만 아니라 기업, 국민경제 전체에 중대한 피해를 가져오는 재난을 말한다. 개인적으로는 노동력의 상실을 초래하여 자신과 가족모두에게 커다란 육체적, 정신적, 경제적 손실을 가져오고, 기업에게는 산업재해로 인한 보상손실, 조업중단으로 인한 생산차질 및 사고 처리에 따른 비용 등을 초래한다.

우리 나라에서도 기업규모에 따라 차이는 있지만 특히 중소기업에서는 기계설비의 노후화, 안전설비의 미비, 공정의 복잡화, 안전의식의 결여 등으로 인하여 산업재해가 증가되는 추세에 있으며, 대규모 기업에서는 생산성 향상을 위한 작업공정의 복잡화로 인한 대형설비의 도입, 설치가 늘어남에 따라 산업재해가 점차 대형화되고 재해강도도 높아지고 있는 실정이다. 94 산업재해분석[3]에 의하면 94년에 4일 이상 요양을 요하는 재해자가 85,958명 발생하였다. 또한 경제적 직접손실액 및 근로 손실일수는 전년대비 각각 14.44% 및 12.47%로 증가하였다. 연령별로는 산업사회의 주 인력원인 25세에서 39세까지가 전체재해의 57.2%를 점유하고 있는 실정이므로 이것은 산업재해가 심각한 사회문제가 된다는 것을 의미한다. 근속기간별로는 입사1년 이내의 근로자가 전체재해의 60.3%를 점유하고 있는데 이는 우리나라의 경우 신입직원에 대한 안전교육이 매우 부실하다는 것을 단적으로 보여주고 있다. 기인물별로는 프레스, 전단기, 로울러기 등의 동력기계가 전체 재해의 27%를 점유하였고 특히 제조업종에서는 프레스 및 전단기에 의한 재해가 57%를 차지하고 있다. 발생형태로는 기계동작중에 발생하는 협착이 87%로 대표적이었고 상해종류별로는 골절, 절단, 절상이 전체재해의 70.5%를 차지하였다. 상해부위별로는 손가락, 손, 두부, 척추의 순으로 발생하였으며 손 부위의 재해는 전체의 52.4%를 차지하였다.

이와 같은 많은 재해에 대한 안전대책을 수립하기 위해서는 모든 가능한 원인에 대한 분석 검토가 필요한데 재해의 원인은 크게 물적 요인, 인적 요인으로 나눌 수 있다. 미국안전협의회[33]에 의하면 총재해의 18%는 물적 원인에 의하여,

19%는 인적원인에 의해서 그리고 나머지 재해는 양쪽 모두의 원인에 의한 것이라고 지적하고 있다. 여기서 인적원인이라 함은 안전장치 기능의 제거, 취급부주의, 어색한 작업자세 등의 불안정한 행동을 의미하며, 물적 원인은 생산공정 및 기타 작업환경 등에서 야기되는 불안정한 상태를 의미한다. 일찍이 Heinrich[29]는 그의 사고연쇄이론에서 “사고 발생은 이러한 불안정한 행동 및 불안정한 상태에 기인하며 특히 작업자의 불안정한 행동이 대부분의 재해사고에 책임이 있고 또한 불안정한 행동에 의해 야기된 치명적 상해를 입은 사람은 대개의 경우 300번 이상의 동일한 불안정한 행동을 하여 가까스로 사고를 면해온 사고의 반복자들이라고” 주장하였다. 이와 같이 재해발생의 최대원인은 작업자의 불안정한 행동이라 말할 수 있다. 실제로 그 동안 우리 나라에서는 산업안전연구의 많은 부분을 안전 장치 개발, 설비 관리 등의 불안정한 상태를 줄이는 데 많은 노력이 있어온 반면에 불안정한 행동에 대하여 또는 두 가지 모두를 고려한 대책개발은 매우 미약하였다고 보여진다. 따라서 요즈음 같이 산업사회의 복잡화, 대형화로 인하여 산업재해가 증가되고 대형화하는 추세속에서 더구나 앞으로 닥쳐올 Blue Round와 ISO 18000시대에 대비한 안전대책이 별무한 우리 나라의 실정을 고려해 볼 때 좀 더 능동적인 대책개발이 시급하다고 생각된다. 이에 본 연구는 우리 나라에서 발생하는 산업재해 중에서 전형적으로 많이 발생하는 프레스 및 전단기, 등근톱, 로울러기와 같은 위험기계와 관련되어 발생하는 안전사고에 대하여 직접 작업장과 작업자들에 대한 실태조사를 통하여 위험요인을 도출하고 그것을 바탕으로 여러 가지 측면에서의 안전대책을 개발하고자 하였다.

1.2 연구의 동기

앞서 언급한 바와 같이 우리 나라에서의 산업재해상황은 그로 인한 손실액, 손실일수뿐만 아니라 발생하는 신체장해자 숫자에 있어서 꾸준한 증가를 보여왔다. 특히 프레스를 포함한 동력기계와 관련된 재해의 폐해는, 그 동안 대부분의 동력기계들이 위험기계로 분류되어 정부기관에서 꾸준한 지원을 하였음에도 불구하고 실로 막심하다고 볼 수 있다. 이러한 프레스 등 동력기계관련재해는 주로 수많은 중소 영세기업에서 동시다발적으로 발생하였다. 이에 대한 원인은 크게 세 가지로 볼 수 있다. 첫째 원인은 자동화 설비의 미비를 들 수 있는데 이것은 기업이 영세하다는 본질적인 제한 조건과 매우 관련이 깊다고 볼 수 있다. 둘째 원인으로서는 안전설비의 미비를 들 수 있다. 하지만 이 경우에는 그 동안 정부에서 꾸준한 노

력을 기울인 결과로 요즈음은 방호장치 부착비율이 70%를 훨씬 상회한다고 알려져 있다. 하지만 재해가 줄지 않고 계속 발생한다는 것은 방호장치 이외의 곳에서 더 큰 원인이 있을 것이라는 것을 의미한다. 다시 말해서 동력기계재해는 물적원인(불안전한 상태)보다는 인적원인(불안전한 행동)에 더 커다란 비중이 있다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 안전방호장치등의 물적 원인보다는 인적인 재해원인에 대하여 일선 작업자 입장에서 분석을 하고자 하였다. 셋째 원인으로는 영세업체에 있어서의 안전관리업무에 있다고 볼 수 있다. 현재의 안전관리업무는 그 영역이 너무 넓어서 특정 주제(예. 프레스)에 대한 현실적이고 내실있는 관리가 불가능하였기 때문에 안전관리를 맡기는 사업주 입장에서 보면 매우 형식적으로 수행하는 것으로 생각될 뿐 자신의 업체에 현실적으로 득이 될 것이라는 생각을 피부로 느끼지 못했을 것이라고 사료된다. 따라서 그 동안의 영세중소기업체에 대한 안전관리는 그 성향이 전반적으로 타율적인 흐름을 가지고 있었다고 말할 수 있으며 이런 것이 또한 줄지 않은 재해발생의 근본원인이 되었다고 할 수 있다.

이상과 같은 몇 가지 원인이외에도 안전관리의 지침을 제공하게되는 이제까지의 실태조사가 정부기관의 주도로 이루어져왔기 때문에 발생할 수 있는 실제 상황에 대한 과대추정(overestimate) 또는 과소추정(underestimate)의 가능성도 완전히 배제할 수는 없는데 이러한 오류를 피하고자 하였다. 결론적으로 말해서 이제까지 프레스 등 위험기계관련 재해에 대한 안전대책개발에 있어서 취약한 부분이 있었다고 말할 수 있는 인적원인에 대한 고찰 및 대책수립, 세부적인 안전관리지침 등을 충분히 고려하여 새로운 방향의 안전대책개발의 토대를 구축하고자 하였다.

1.3 연구의 목표

종래의 통계적인 척도(강도율, 돛수율 등)에 근거한 피상적인 안전관리 대책은 재해예방 대책을 제시하기보다는 재해발생후의 관리지표파악에만 그 의미가 있었다고 사료된다. 더구나 실제 작업장상황이나 작업자의 의견이 배제된 각 회사단위의 자체 재해관련자료에 근거한 기술(descriptive) 통계량의 수치들은 현재의 재해의 상황을 파악하는데도 그 정확성이 떨어진다고 볼 수 있다. 따라서 올바른 재해 예방방법은 수동적인 데이터 수집에 의한 재해에 대한 현황파악이 아니라 재해가 발생하기 이전에 능동적으로 작업장 및 작업자를 집중적으로 관리하는 일일 것이다.

그러나 이러한 방법에 대한 필요성이 충분히 인식이 되었다 하더라도 무엇부터 시작을 해야하는지, 주어진 조건하에서 생산현장에 직접 적용할 수 있는 기법은 무엇인지 그리고 어떻게 사후관리를 해 나아갈 것인지가 우리 나라의 안전보건 여건상 명확하지가 않다. 이런 측면에서 볼 때 본 연구에서는 재해발생율이 높은 위험기계들에 대하여 궁극적으로는 근본적인 안전대책도출을 위한 현실적이고도 종합적인 분석을 하고자 하였는데 주요내용은 다음과 같다.

- (1) 문제 위험기계에 대한 모든 가능한 위험요인 도출
- (2) 위험기계환경의 위험도 평가서 도출
- (3) 추측 통계기법을 이용한 실태조사 결과에 대한 체계적인 분석
- (4) 작업장의 실제환경 및 작업자들의 의견을 토대로한 정량/정성적 의사결정기법인 계층구조분석(AHP분석)의 적용
 - ┌ 일선안전관리자 및 사업주의 자율안전관리를 위한 의사결정체계구축
 - ├ 계층별 위험도 우선 순위 및 대책 개발
 - └ 사용자 위주 계층구조분석(AHP) 프로그램 개발

1.4 연구방법

본 연구의 최종결과는 재해율이 높은 동력기계에 관련된 산업재해의 예방을 위한 1차 안전대책의 개발이다. 물론 이 안전대책이라고 하는 것은 지속적으로 경험적인 연구를 통하여 도출되어 다듬어질 2차, 3차 대책의 한 과정이라고 말할 수 있다. 하지만 본 연구의 결과가 현장상황에 근거한 것이고 안전관리자나 사업주가 자율적으로 안전관리대책을 수립할 수 있게 해주는 구체적인 방안을 제시하는 점에 있어서 나름대로의 특성을 가진다고 말할 수 있다. 본 연구는 이 안전대책개발을 위하여 전 과정을 다음과 같이 몇 단계로 나누어서 수행하였다.

첫 번째 단계는 문헌조사를 통한 위험동력기계 및 관련재해에 대하여 고찰하였다(제2장 참조). 특히 위험동력기계의 주 대상인 프레스 및 전단기, 로울러기, 등근톱 등에 대하여 방호장치, 재해현황 그리고 주요재해원인들을 살펴보았다.

두 번째 단계는 첫 번째 단계인 문헌조사 및 예비 실태조사의 결과를 토대로 해당 위험기계 관련 재해에 대한 모든 가능한 원인에 대한 도출이었다(제3장). 이와 같이 도출된 가능한 모든 인적, 물적 원인들은 실태 조사하는데 쓰이는 평가서 형식을 구성하는데 적용되었다. 형식은 사고기록, 미사고자 면담, 작업환경조사, 인

간공학설문의 크게 네부분으로 나뉘어졌다. 사고기록에서는 사고일시, 장소, 개요, 작업내용, 기인물 등의 사고의 일반적인 내용에 대하여 조사하였다. 이 조사의 결과로는 요즈음 위험동력기계 재해의 경향이 어떠한지를 알아보고자 하였다. 미사고자 면담은 해당 기계 관련작업을 10년이상 수행하여온 작업자들을 대상으로 하였는데, 주작업내용 및 기계종류, 작업자의견, 관리 및 교육의 중요성 등을 주제로 하여 면담을 하였으며 수많은 재해의 위험을 극복하여온 그들의 안전의식과 개념들은 어떤 것인지를 알아보았다. 작업환경조사에서는 인간공학 연구에서 많이 언급되는 기계와 인간, 작업대와 인간과의 계면(interface) 등의 작업의 물리적인 환경과 재해의 관계를 조사하였다. 또한 본 조사에서는 1차조사결과를 통하여 사고와 통계적으로 유의성이 높은 요인들을 도출하였다. 마지막으로 인간요소에 대한 설문조사에서는 사고경험이 있건 없건 실제작업장에 있는 일반작업자들과 현재 위험기계 관련재해로 인하여 병원에 입원하여 있는 작업자들을 대상으로 조사하였다. 본 조사에서는 사고자와 비사고자간의 혹은 오래 전에 사고를 당한 사람과 현재 사고를 당하여 치료중인 사람들간에 작업중의 심리적인 상태 등의 인적요소, 환경요소, 제어판넬 요소에 대한 반응에 있어서 어떤 차이가 있는지를 알아보려고 하였다.

세 번째 단계에서는 고려된 모든 위험요인들의 우선도 그리고 각각에 맞는 현실적인 안전대책을 결정하는 과정 및 방법을 제시하여 이제까지 축적된 데이터들을 토대로 한 대안을 제시하고자 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 정량 및 정성적인 분석을 모두 할 수 있는 의사결정기법인 계층구조분석(AHP: Analytic Hierarchy Process)을 적용하였다(제4장). 이 분석기법은 이제까지 위험기계관련 재해사례에 대한 분석기법이 별무하고 주관적이거나 잠재적인 기준을 포함하는 복합 미묘한 정보가 혼재되어있는 상황에서 노사 모두의 입장에서 볼 때 각 업체에 알맞은 현실적인 안전대책을 도출할 수 있다는 데서 큰 의미를 가진다. 궁극적으로 AHP방법의 위험기계관련 재해에 대한 적용은 앞서 도출된 위험요인을 상세하게 분류하였으며 각 세부원인들에 대한 위험도 순위를 정하고 각 상황에 맞는 안전대책 혹은 구체적인 방향을 각 위험기계별로 제시하였다.

네 번째 단계에서는 전 단계에서 언급한 AHP분석방법 및 결과를 일반인들이 이용할 수 있도록 사용자 위주 프로그램을 개발하였다. 특히 AHP의 특성상 어느 정도 기간의 교육 없이는 일반인이 수행할 수 없다는 기술적인 제한요소와 본 연구의 여러 가지 여건상 전국의 안전관리자들을 다 분석할 수 없다는 관점에서 일반인이 프로그램 안에서 쉽게 이해를 해가면서 분석을 할 수 있도록 하였다. 이

프로그램에 대한 자세한 사항은 부록 E에서 설명하였다. 또한 이 프로그램뿐만 아니라 이제까지 축적된 안전관리 전문가들로부터 얻은 데이터를 몇 가지 유형으로 나누어서 일선관리자 및 사업주가 자기 자기상황에 알맞은 안전대책을 수립할 수 있도록 도와주는 사용자 위주 프로그램을 개발하였다.

2. 위험기계(프레스 등)에 대한 고찰

프레스 등의 위험 기계는 현재 산업 구조의 특성상 매우 높은 재해율을 보인다. 특히 프레스 및 전단기, 로울러기, 등근톱 등의 위험 기계류는 기계 구조상 매우 높은 작업 내용을 가진 것들이다. 본 연구에서는 이런 위험 기계류들에 대한 안전 대책 개발에 앞서 실태 조사에 필요한 위험 요인들을 도출하기 위하여 95년도 통계[3]에 나타난 자료를 분석하고, 위험 기계 각각의 사고 원인 및 내용 등에 대하여 정리하였다.

2.1 기인물별 재해 발생 현황

2.1.1 중대 재해 중 프레스 등 위험 기계별 재해 발생 현황

'95 산업 재해 분석에 따르면 총재해자 78,034명 중에, 노동부 근로감독관이 타계식으로 작성한 통계표를 근거로 중대 재해 및 유해위험기계기구 등에 의한 재해(의사의 최초 진단소견상 치료 예상 기간이 2개월 이상인 재해) 3,241명에 대한 프레스 등 위험 기계별 산업 재해 현황을 보면 다음과 같다.

표 2-1 '95 중대 재해 중 프레스 등 위험 기계 재해현황 ()은 %을 나타냄

산업 기인물	총계	광업	제조업	건설업	전기가스 수도업	운수창고 통신업	기타
총계	3,241(100)	26(0.08)	1,990(61.40)	1,040(32.09)	9(0.28)	55(0.28)	121(3.73)
프레스 등 합계	1,189(36.69)	0	1,071(33.05)	108(3.33)	0	1(0.03)	9(0.28)
프레스 및 전단기	939(28.97)	0	930	2	0	1	6
로울러기	77(2.38)	0	72	3	0	0	2
등근톱	173(5.34)	0	69	103	0	0	1

위 표에서도 알 수 있듯이, 프레스 등 위험 기계가 36.69%를 차지하고 있어 전체 중대 재해에서 제일 심각함을 곧바로 이해할 수 있다.

더욱이 주로 제조업에서 발생하는 중대 재해의 33.05%를 차지하고 있어 제조업

의 재해율을 감소하는 데에 프레스 등 위험기계가 중요 요소임을 알 수 있다.

2.1.2 사망 재해 중 프레스 등 위험 기계별 재해 발생 현황

노동부 근로 감독관이 타계식으로 작성한 통계표를 근거로 중대재해 및 유해위험기계기구 등에 의한 재해자 3,241명 조사 대상 중에 사망재해자 844명 대한 프레스 등 위험 기계별 사망재해 현황을 보면 다음과 같다.

표 2-2 '95 사망재해 중 프레스 등 위험기계별 재해현황 ()은 %을 나타냄

산업 기인물	총계	광업	제조업	건설업	전기가스 수도업	운수창고 통신업	기타
총계	844(100)	17(2.01)	291(34.48)	439(52.01)	5(0.59)	26(3.08)	66(7.82)
프레스 등 합계	10(1.18)	0	8(0.94)	2(0.24)	0	0	0
프레스 및 전단기	3(0.35)	0	3	0	0	0	0
로울러기	5(0.59)	0	4	1	0	0	0
등근톱	2(0.24)	0	1	1	0	0	0

위 표에서도 알 수 있듯이, 프레스 등 위험 기계가 1.18%을 차지하고 있어 전체 사망재해중에 차지하는 비중이 낮아 프레스 등 위험 기계가 사망으로 직접 연결되는 재해를 일으키는 경우는 상대적으로 적다고 볼 수 있다..

즉 앞에서 언급한 중대재해 중 프레스 등 위험 기계별 재해 발생 현황과를 연제하면, 프레스 등 위험기계에 의한 재해는 주로 신체적인 장애를 일으키는 재해라고 볼 수 있다.

2.2 관리적 원인별 재해 발생 현황

2.2.1 중대재해 중에 관리적 원인별 재해 발생 현황

앞에서 언급한 노동부 근로감독관이 타계식으로 작성한 통계표를 근거로 3,241명에 대한 관리적 원인별 산업재해현황을 보면 다음과 같다.

표 2-3 '95 중대재해 중 관리적 원인별 재해현황

()은 %을 나타냄

산업 기인물	총계	광업	제조업	건설업	전기가스 수도업	운수창고 통신업	기타
총계	3,241(100)	26(0.80)	1,990(61.40)	1,040(32.09)	9(0.28)	55(0.28)	121(3.73)
기술적 원인	1,346(41.53)	12	915	362	3	15	39
교육적 원인	1,335(41.19)	7	815	432	3	23	55
작업관리상 원인	560(17.28)	7	260	246	3	17	27

여기에서는 프레스 등 위험 기계별 통계가 아닌 전체적인 통계자료이다. 그래서 프레스 등 위험기계에 의한 전체적인 성격을 규명하는 것이고는 볼 수 없으나, 단지 일반적인 경향의 참조에 유용하다고 할 수 있다.

또 기술적 원인, 교육적 원인이 모두 41%를 차지하고, 작업 관리상 원인으로 18%로 나타나 있다.

2.2.2 사망재해 중에 관리적 원인별 재해 발생 현황

앞에서 언급한 3,241명 조사 대상 중에 사망재해자 844명 대한 관리적 원인별 사망 재해 현황을 보면 다음과 같다.

표 2-4 '95 사망 재해 중 관리적 원인별 재해현황

()은 %을 나타냄

산업 기인물	총계	광업	제조업	건설업	전기가스 수도업	운수창고 통신업	기타
총계	844(100)	17(34.48)	291(34.48)	439(52.01)	5(0.59)	26(3.08)	66(7.82)
기술적 원인	269(31.87)	5	96	148	2	4	14
교육적 원인	327(38.74)	5	119	156	1	14	32
작업관리상 원인	248(29.38)	7	76	135	2	8	20

여기에서도 프레스 등 위험 기계별 통계가 아닌 전체적인 통계자료이다. 그래서 마찬가지로 프레스 등 위험기계에 의한 전체적인 성격을 규명하는 것이라고는 볼 수 없으나, 단지 일반적인 경향의 참조에 유용하다고 할 수 있다.

또 기술적 원인, 교육적 원인, 작업 관리상 원인 모두 30% 정도를 차지하고 있어, 앞에서 언급한 조사 재해자 3,241명에 대한 관리적 원인별 재해에서 기술적·교육적 모두 41%를 차지하고, 작업 관리상 원인으로 18%와 비교하면, 사망 재해는 작업 관리상의 원인이 높다고 나타나고 있다.

2.3 프레스 등 위험 기계의 사고 원인 및 내용

2.3.1 프레스 및 전단기의 사고 원인 및 내용

(1) 프레스의 사고 요인

동력기계 중 프레스는 재해율이 제일 높으며, 특히 손의 재해가 크다. 대부분은 슬라이드의 하강시 금형 사이에 손이나 손가락이 끼어 협착되는 것이기 때문에 강도율이 높게 되는 경우가 많다.

또한 프레스기계 사업장은 대부분 영세기업이며 다품종 소량생산에 따르는 안전 대책이 소홀하게 되는 경우가 많다. 일반적으로 다음과 같은 사고원인들이 빈번하게 언급되고 있다[10].

- ① 작업자의 부주의 및 위험한 작업방법으로 작업하였다
- ② 페달을 잘못 밟았다.
- ③ 방호장치가 고장인 상태로 작업을 하였다.
- ④ 방호장치의 기능을 제거한 상태로 작업하였다.
- ⑤ 기계의 고장으로 클러치가 개방되었다.
- ⑥ 작업자가 프레스기를 조절하거나 금형을 바꾸거나 수리할 때 동력을 끊지 않아 클러치가 작동하였다.
- ⑦ 작업자가 프레스기를 조절하거나 금형을 바꾸거나 수리할 때 금형이 낙하 하였다
- ⑧ 송급 및 배출작업에 수공구를 사용하지 않았다.

(2) 프레스의 재해 내용

95년도에 프레스에 의한 중대 재해 또는 수지 절단 재해발생 사업장으로서 프레스 사용 사업장이 밀집되어 있는 인천, 부천, 안산, 부산 북부, 대구 등 지역에

대하여 한국산업안전공단이 주축이 되어 일주일간('96. 2. 26 ~ 3. 2)하였다[15].

이 실태 조사에서 2년 연속 재해발생 사업장은 257개소로써 재해조사 사업장의 27.4%를 차지하고 있다.

표 2-5 실태조사 대상 사업장의 연도별 재해 현황

구분	사 업 장 수	근 로 자 수	총재해 자 수	재해율 (%)	프레스 재해자 수	프레스 재해 비율(%)	프레스 재해 사업장수	2년 연속 재해 발생 업체 수
'95년	2,288	147,855	3,004	2.03	1,225	40.8	937	257
'94년			1,840	1.24	576	31.3	429	

프레스 종류별로는 편클러치 타입이 57.5%로 가장 많은 재해자수가 발생하였고 다음으로는 마찰클러치가 28.8%, 유압프레스가 7.3%의 순서이다.

표 2-6 실태조사 대상 사업장의 종류별 재해발생 현황 [단위 :명]

계	기 계 식					액 압 식		
	소 계	마 찰	편	키	기 타	소 계	유 압	공 압
1,688 (100)	1,518 (89.9)	476 (28.2)	971 (57.5)	61 (3.6)	10 (0.6)	170 (10.1)	124 (7.3)	46 (2.8)

(3) 프레스의 방호장치

프레스는 앞서 언급한 바와 같이 재해율이 계속 높게 나타나왔었기 때문에 그동안 많은 종류의 방호장치들이 개발되었다. 일반적으로 프레스의 종류, 행정의 길이, 작업방법에 따라 여러 가지 방호장치가 사용된다[25].

지금까지 가장 흔히 사용하는 프레스 방호장치로는 양수 조작식, 게이트 가드식, 수인식, 손치내기식, 감용식이 있다. 이들 프레스 방호장치 설계시에 꼭 고려해야만 할 기본기능들은 다음과 같다.

- 1) 슬라이드의 작동중에 신체의 일부가 위험 한계에 들어 갈 위험성을 배제할 것, (예) 가드식 방호장치
- 2) 슬라이드 등을 작동시킬 때 누름버튼에서 손을 떼어 손이 위험 한계에까지 접근할 동안에 슬라이드가 정지되거나 또는 양손으로 누름버튼에다가 슬라이

- 드 작동중에 순간적으로 떼어낸 손이 위험 한계에 도달하지 않을 것, (예) 양수조작식 안전일행정 방호장치 또는 양수기동식
- 3) 슬라이드 등의 작동 중에 신체의 일부가 위험한계에 접근했을 때에 슬라이드 등의 작동을 정지하게 하고, 또한 슬라이드가 정지 중에 신체의 일부가 위험한계내에 넣었을 때는 슬라이드가 작동되지 않을 것, (예) 광전자식 방호장치
- 4) 위험 한계내에 있는 신체의 일부를 슬라이드의 작동에 연동시켜 위험한계내에서 제거하는 것이 가능할 것, (예) 수인식 방호장치, 손쳐내기식 방호장치

2.3.2 로울러기의 사고 원인 및 안전화 방법

(1) 로울러기의 사고 요인

로울러기의 재해의 대부분은 로울러기의 맞물림 점에 재해자의 손이나 신체의 일부가 말려 들어감으로써 발생하게 되는데 이런 종류의 사고는 전체 재해중 2.38%를 차지하고 주로 제조업에서 나타나고 있다[3]

(2) 로울러기의 안전화 방법

로울러기의 맞물리는 점에 작업자의 손이 끼이는 것은 매우 위험하므로 로울러기의 안전화 원칙은 다음과 같다.

- ① 작업자가 정상작업 또는 수리 등의 작업을 할 때 움직이는 기계 부위에 접촉되지 않도록 덮어야 한다.
- ② 조작을 위하여 작업점에 접근되지 않도록 통제하여야 한다.
- ③ 작업자의 신체의 어느 부분이라도 위험점에 머물러 있는 한 작동되지 않도록 한다. 즉 작업자의 손, 발 등이 위험범위 내에 머물러 있을 때 이를 물리적으로 검지하여 기계가 작동되지 않도록 한다.
- ④ 손이나 발등을 위험점이나 범위내에 넣을 필요가 없도록 설계를 개선하여 위험에 노출되는 기회를 근본적으로 배제토록 자동 또는 반자동식으로 원자재를 송급 또는 인출할 수 있도록 장치한다.

이상과 같은 여러가지 방법이 있으나, 모든 기계 및 장비는 모두 그 규격이 동일하지 않을 뿐만 아니라 같은 기계라도 사용 방법이 다를 수도 있고, 더구나 다른 목적으로 사용하는 경우도 있으므로, 로울러기 제작업체에서 작업점에 대한 방호장치를 통일하지 못하는 경우도 있다.

따라서 작업자가 운전 전에 모든 자료를 확인하고, 기계에 대하여 충분히 이해한 후에 기계에 대한 방호장치에 설치하는 경우도 있으므로 방호 원칙을 현실

적으로 잘 적용해야 한다.

위와 같은 원칙으로 산업 현장에서는 로울러기에 울(guard)이나 안내 로울러(guide roller)를 설치하고 있으며, 또한 조작부의 이상 움직임에 대응하여 전원 차단 및 브레이크 계통의 작동으로 로울러가 급정지되도록 하는 급정지 장치를 설치하고 있다.

2.3.3 등근톱의 사고 원인 및 방호 장치

(1) 등근톱의 사고 요인

등근톱 기계의 의한 재해는 크게 톱날과 신체의 접촉, 가공 목재의 반발에 의하여 일어난다. 다음은 나타나고 있는 사고원인들이다.

1) 톱날 전면부와의 접촉

- ① 목재 절단 종료시 작업자의 손이 톱날에 접촉
- ② 작업중 목재를 밀던 손이 미끄러질 때
- ③ 테이블 위의 톱밥, 나무조각 제거시

2) 톱날 후면부와의 접촉

- ① 작업자가 제재된 목재를 끌어당기려 할 때
- ② 테이블 위의 톱밥, 나무조각 제거시
- ③ 목재의 반발에 의한 몸의 균형을 잃었을 때

3) 톱날 하면부와의 접촉

- ① 테이블 아래의 톱밥, 나무조각 제거시
- ② 동력전달부의 점검시

4) 동력전달부와의 접촉

- ① 벨트에 말림
- ② 벨트와 풀리 접속부의 끼임
- ③ 동력전달축에 말림

5) 목재의 반발

- ① 목재의 압축으로 톱날이 물려서 절단이 불가능할 때
- ② 용이 등의 영향으로 목재의 반발
- ③ 톱날과 안내판 사이에 목재의 물림
- ④ 톱날의 상면, 후면부의 물림

(2) 방호 장치

목재가공용 등근톱기계에는 톱날의 접촉과 목재의 반발에 방호할 수 있는 방호 장치의 설치가 프레스와 비교하면 매우 간단하며, 일반적으로 많이 쓰이는 방호 장치의 종류에는 다음과 같은 것들이 있다[10].

1) 톱날 접촉 예방장치

톱날 접촉 예방장치는 일종의 보호 덮개로서 고정식과 가동식이 있으며, 반발 예방장치에 대면하고 있는 부분과 가공재를 절단하는 부분 이외의 톱날을 덮을 수 있는 구조이어야 한다.

2) 반발예방장치

반발 예방 장치는 가공재가 절단을 하는 중에 반발을 예방하는 장치로서 분할 날 (spreader), 반발 방지 발톱(finger), 반발방지 로울(roll), 보조 안내판이 있으며, 충분한 강도를 가져야 한다.

2.4 기계설비의 안전 조건

(1) 외형의 안전화

기계외부에 나타나는 위험부분으로 회전운동, 왕복운동 또는 이의 결합운동으로부터 접촉을 막거나, 날카로운 각의 돌출부분을 제거한다.

(2) 기능의 안전화

자동화설비는 능률은 좋지만 사고가능성도 크다. 이에 대한 소극적 대책으로는 이상시 기계 급정지, 방호장치 작동 등이 있고 적극적 대책으로는 회로를 개선하여 오동작을 방지하는 등이 있다.

(3) 구조의 안전화

재료, 설계, 가공 등의 결함에 유의하고 안전율에 중점을 둔다.

(4) 작업의 안전화

기계설비가 자동, 반자동, 수동여부와 재료송급의 자동화에 좌우된다.

1) 운전조작에 안전이 배려되는 항목

- ① 핸들, 레버, 누름단추 등은 작업위치로부터 접근이 용이하도록 가까이 한다.
- ② 핸들, 레버, 누름단추의 식별, 조작은 용이하게 행할 수 있다.
- ③ 작업자세에 무리가 없다. 적절한 의자가 사용된다.
- ④ 기계조작의 노동강도가 적당하다.

2) 표시, 디스플레이가 합리적으로 고려되어야 한다.

- ① 전원, 비상용 스위치, 안전장치 등의 작동상황을 나타내는 표시등이 있다.

- ② 주요부분의 기능의 상태를 알리는 경보장치가 있다.
 - ③ 표시에 사용하는 문자는 용이하고 확실하게 읽고서 이해할 수 있다.
 - ④ 표시판에는 다른 조명등에 의한 반사가 없다.
- 3) 기계를 통하여 쾌적한 환경의 유지를 도모한다.
- ① 잘라낸 부스러기를 안전하고 확실하게 기계 외의 정위치에 배출한다.
 - ② 절삭유의 비산방지용 덮개가 있다.
 - ③ 후드로 스모그를 기계 밖으로 배출한다.
 - ④ 작업점의 조명은 충분하다.
 - ⑤ 작업중의 소음은 작업자 위치에서 80dB 이하이다.
 - ⑥ 위험하고 부적당한 열의 폭로가 없다.
- (5) 보전작업의 안전화
- 주유, 점검, 청소, 부품교환 수리 등을 철저히 한다.
- (6) 작업점의 안전화
- 자동제어, 원격제어장치, 방호장치를 적절히 설계한다.
- 1) 방호덮개를 사용하고 위험부와의 접촉을 막는다. 또 작업점에 가까이갈 필요가 있는 경우 방호덮개를 기계의 움직임과 Interlock하고 덮개를 열면 기계가 정지하게 한다.
 - 2) 적절한 안전장치를 사용한다. 프레스 및 전단기, 등근톱, 로울러등은 반드시 적절한 안전장치를 사용하게 한다.

3. 실태조사

3.1 사고기록

사고기록일지는 사고가 발생했을 때의 사고자의 인적사항, 사고 개요, 작업 내용 등과 같은 전반적인 사고 기록을 조사하고 현재 위험 기계를 다루는 산업계의 재해실태를 파악하기 위하여 준비되었다. 사고기록일지는 점점목록의 형식으로 되어있으며 실제 형식은 부록 A에 수록되어있다.

3.1.1 조사항목 및 설정배경

(1) 재해발생일시

프레스 등 위험기계관련 재해는 다년간의 경험을 가진 작업자들의 의견을 종합하여 볼 때 작업자의 생리적 상태와 매우 깊은 관련이 있다. 기존 재해 통계 자료에 의하면 점심시간 직전, 직후, 퇴근시간 직전에 재해율이 매우 높은 것으로 나타났다.

(2) 재해발생장소

영세중소기업의 경우 작업환경이 표준화되지 못한 것에 기인하는 기계 종류나 기타 환경에 따라 사고다발 구역이 존재하는지를 조사하고자 하였다.

(3) 업종

사고가 난 회사의 전반적인 상황 즉, 업종, 규모, 생산품종 그리고 제품의 크기를 조사하였다. 업체의 규모에 따라, 일반적으로 다품종소량생산의 형태를 가진 영세중소기업에서 작업오더의 변경회수의 정도를 설명하는 생산품종에 따라, 그리고 손과의 계면(interface) 정도를 설명해주는 제품의 크기 등에 따라 재해의 경향이 어떻게 달라지는 지를 알아보하고자 하였다.

(4) 사고개요

기존의 사고기록은 사고의 정황을 자세히 기록하였다기 보다는 상해부위를 중심으로 기술되었다. 본 연구에서는 사고자 본인 또는 근접거리에서 사고를 목격한 사람으로부터 당시의 자세한 정황을 조사하였다.

(5) 추정재해원인

위의 사고 개요로부터 나온 사고당시의 자세한 정황을 토대로, 추정되는 원인 중 가장 설득력 있고 타당한 원인을 도출하였다.

(6) 재해자 기록

사고로 인하여 피해를 입은 재해자의 인적사항 즉, 성명, 나이, 성별, 직종, 학력, 근속년수, 고용형태, 근무시간 형태 등을 조사하였다. 특히 나이, 학력, 근속년수 등은 기존의 통계자료에서도 재해의 발생경향에 유의한 영향을 미치는 항목들로 나타난 것들이다.

(7) 상해의 상황

사고의 발생형태, 사고자의 상해부위, 종류 및 정도를 알아보고자 하였다.

(8) 작업내용

사고가 났을 당시 재해발생작업시점, 작업의 내용, 동시작업내용, 작업시작전 작업전달사항 여부, 사고 기인물의 상태를 나타내고 있다. 재해발생작업시점에는 가공중, 금형세팅, 작업물 loading, unloading으로 나누었다. 여기서 가공중이란 프레스의 램이 작동하는 시점을 말하며 세팅시점은 기계에 이상이 발생했다거나 금형의 교체를 위하여 기계를 중지시키고 실행하는 일련의 모든 행위를 하는 시점을 말한다. 동시작업내용으로서 작업자가 당시 맡은 기계대수와 사고 때의 동시작업자의 유/무를 조사하였으며 동시작업자나 담당 기계의 수와 사고율의 관계를 알아보았다. 사고기인물의 상태는 사고가 났을 당시 기인물의 기계적 상태를 말하며 정상작동중에도 사고자와 실수가 사고에 얼마나 기여하는 지를 알아보았다.

(9) 기인물검사

사고가 일어난 기계에 대하여 얼마나 자주 검사했는가를 자체검사와 대행검사로 나누어 조사하였다. 특히 자체검사에 대하여는 주로 누가, 얼마나 자주, 무슨 내용을 검사하였는지 조사하였다.

(10) 기인물

사고를 일으킨 기인물의 일반적인 제원을 담고 있는 부분이다. 여기에는 기계 사양 및 종류, 자동화된 정도, 가공 종류, 방호장치의 종류, 작동방법, 기계와 안전장치의 스위치를 끄는 단계수와 과정, 담당자의 선임여부가 있다. 여기서 방호장치의 종류에는 양수조작식, 게이트 가드식, 손쳐내기식, 수인식, 감용식으로 분류하고 현재 프레스 산업계의 방호장치 사용 현황 및 각 종류의 비율을 알아보았다. 작동방법은 기계의 스위치가 켜져있는 상황에서 램을 하강하는 방법을 기술하는 것으로 손/발의 종류와 단계를 나타내고 있다.

(11) 재해일수 및 보상비

산재로 처리된 경우에 재해일수 및 보상비(의료비+위로금)를 조사하므로써 사고의 객관적인 경중을 알아보고자 하였다.

(12) 기타

사고기록 보고과정의 절차나 해당사고가 다른 사고와 특별히 구분되는지 등을 조사하였다.

3.1.2 분석결과(사고기록)

조사에 응한 40개 회사에서 94년 1월 1일부터 96년 11월 15일까지 발생한 사고에 대하여 기술(descriptive)통계분석을 하였다. 사고기록을 토대로 수집한 데이터중 주요항목에 대한 결과는 다음과 같다.

(1) 월별사고분포

월별로 재해가 일어난 분포를 살펴보면 1월에서 6월까지가 전체 재해 69%로서 주로 상반기에 사고가 일어났음을 볼 수 있다.

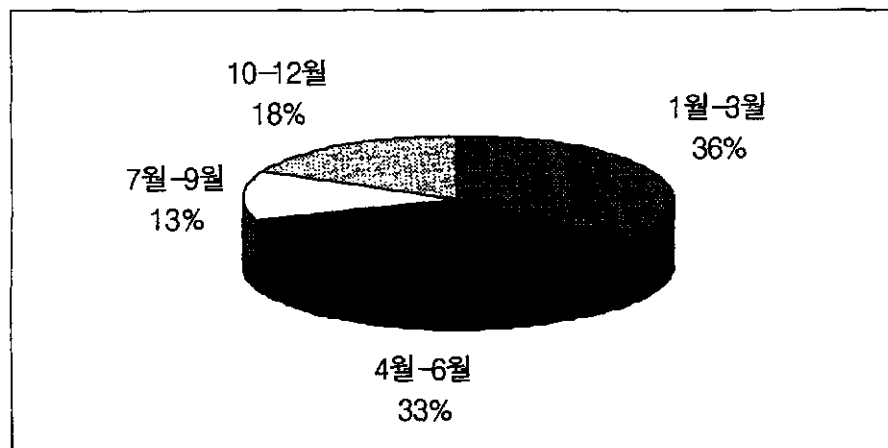


그림 3-1 월별 사고발생분포

(2) 시간별 사고 분포

시간별로 살펴보았을 때 오후 3시부터 6시까지가 전체의 42%로서 퇴근 2~3시간전이 매우 위험한 시간대로 나타났다.

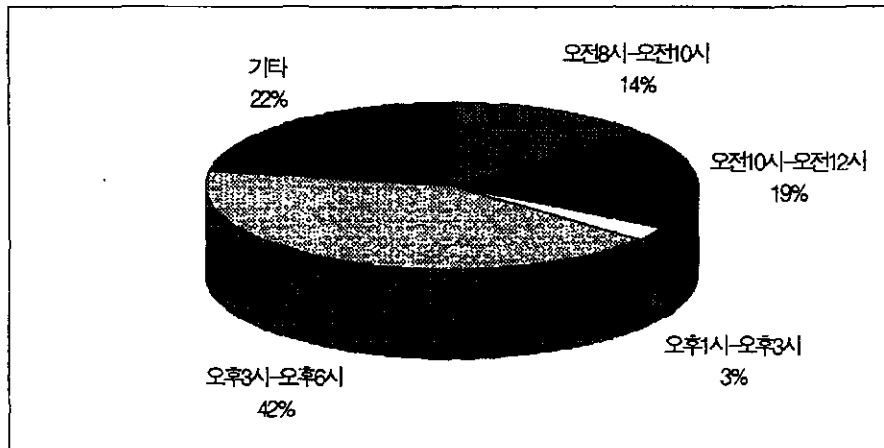


그림 3-2 시간대별 사고발생분포

(3) 사고자 나이별 분포

본 조사에 응한 업체에서 사고를 당한 작업자 평균 나이는 40세였고 세대별로는 31~40세까지의 30대가 41%로서 가장 높은 비율을 보였다.

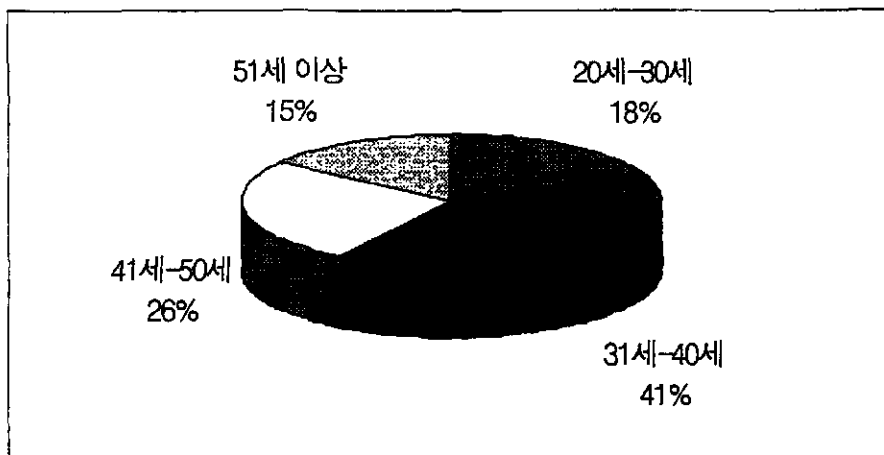


그림 3-3 연령별 사고발생분포

(4) 근속년수별 사고분포

근속년수로 살펴보았을 때 3년 미만 된 작업자가 전체사고자의 70%로서 상대적으로 미숙련된 작업자들의 재해발생율이 높은 것으로 나타났다. 여기서 근속년수는 현재 일하고 있는 업체에서 뿐만아니라 위험기계작업을 최초로 하였던 업체부터 현재 일하고 있는 직장까지의 근무한 기간을 말한다.

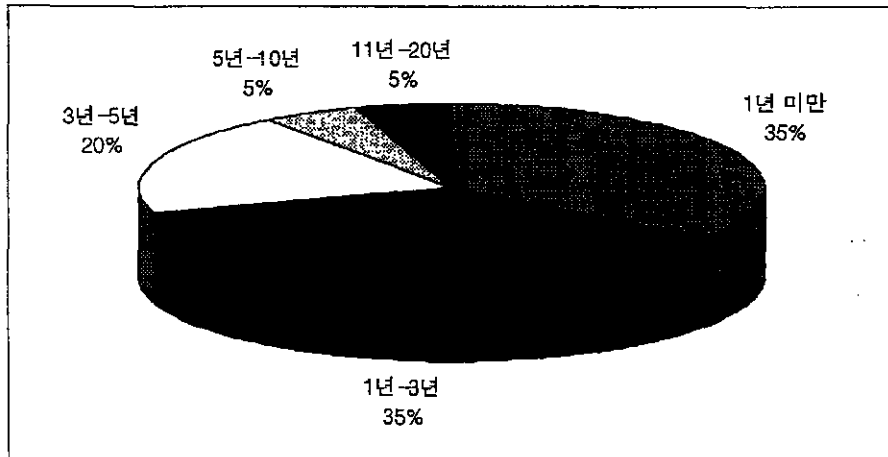


그림 3-4 근속년수별 사고발생분포

(5) 상해부위별 사고분포

위험기계의 작업특성상 손부분의 상해가 전체 건수의 거의 대부분을 차지하였다. 그 중에서도 1지(31%)와 2지(27%)가 가장 많은 부상을 입는 것으로 나타났다.

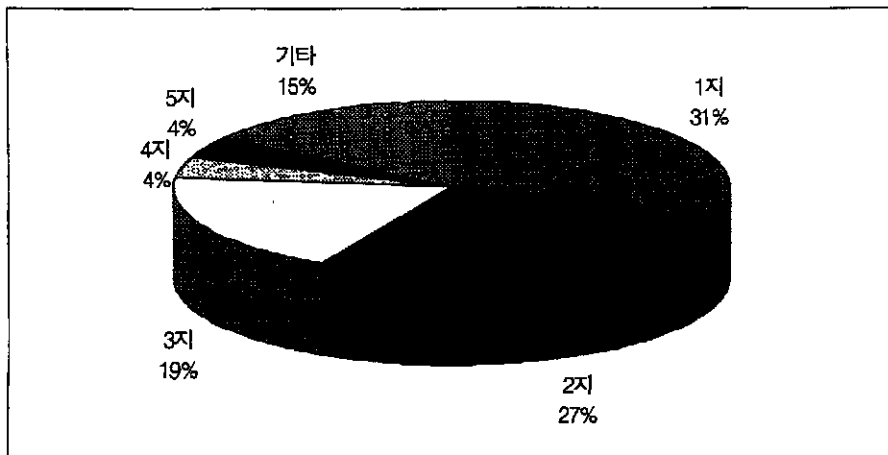


그림 3-5 상해부위별 사고발생분포

(6) 발생시점별 사고분포

특히 프레스 작업의 경우, 발생시점별로는 가공중의 사고발생이 77%로서 전체 사고의 대부분을 차지하였다.

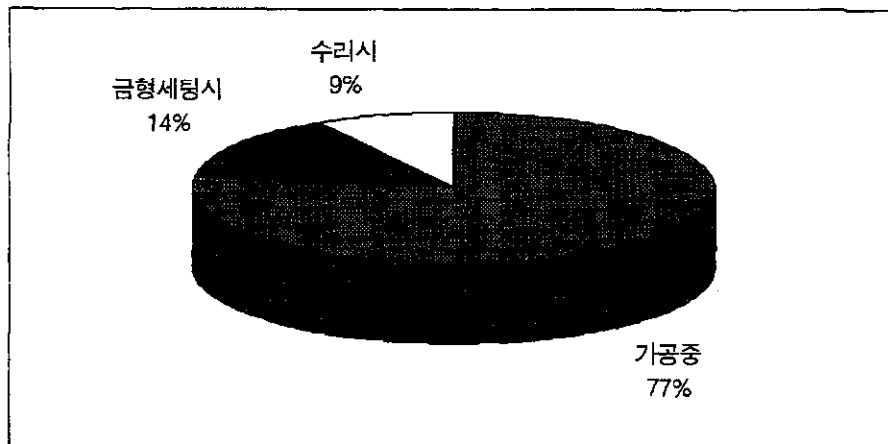


그림 3-6 발생시점별 사고발생분포

(7) 기인물 상태별 사고분포

사고 당시 기인물의 상태를 살펴보면 기계적인 오동작이라고 할 수 있는 비정상작동은 전체의 6%에 불과하고 작업자의 미숙함, 태만 부주의 및 기타 불가피한 요인등이 원인이라고 할 수 있는 정상작동중의 그리고 안전장치제거하의 사고가 전체의 85%를 차지하는 것으로 나타났다.

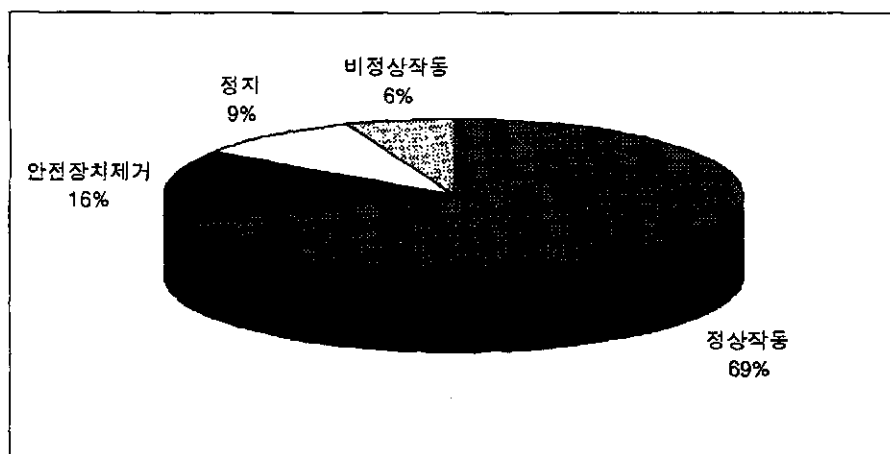


그림 3-7 기인물상태별 사고발생분포

(8) 가공종류별 사고분포

특히 프레스 작업의 경우 가공종류중 구멍뚫기와 굽힘 가공이 전체 사고의 60%를 차지함으로써 이 두 종류가 제일 위험한 가공종류로 나타났다.

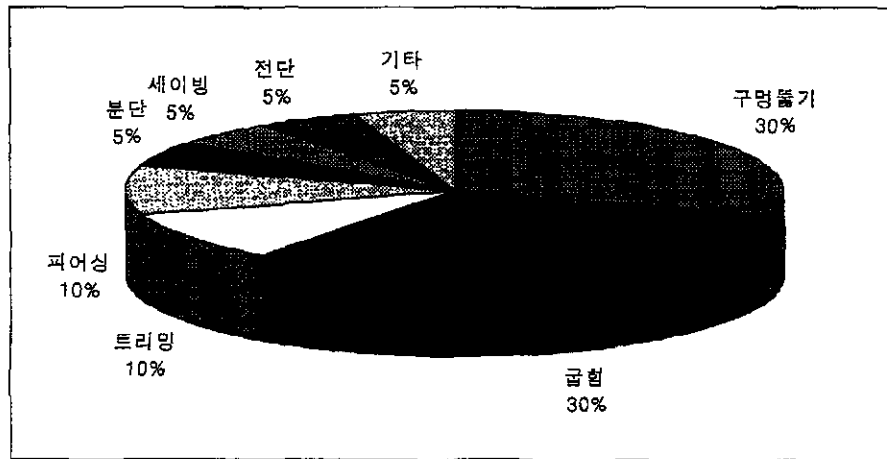


그림 3-8 가공종류별 사고발생분포

(9) 기타 조사항목에 대한 분석

조사에 응한 업체들중에 최근 3년간 재해가 있었던 업체에 있어서의 평균작업 반복횟수, 즉 하루에 작업오더가 바뀌는 평균 회수는 하루당 1.5회였다. 또한 생산 품종 및 가공부품의 최소치수를 살펴보았을 때 조사된 업체의 대부분이 다품종소량생산형태의 특성에 기인하는 연유로 평균생산품종의 수가 205개였고 최소 부품의 평균직경은 152mm였는데 제일 작은 부품의 직경은 8mm였다. 재해일수와 보상비에 대한 조사는 대부분의 업체에서 밝히기를 꺼려하거나 사고를 당한 재해자(조사당시는 퇴사한)만이 알고 있는 경우가 많아 본 보고서에 소개할 만한 데이터를 수집하지 못하였다.

3.2 미사고자 면담

실태조사중 두 번째 항목인 미사고자 면담에서는 위험기계 경력 10년이상이면서, 그 동안 재해를 입지 않았던 현재 중간관리자의 위치에 있는 작업자들을 대상으로 해당조사 업체의 전반적인 상황과 오랜 경험에서 비롯되는 그들의 안전에 대한 개념, 의식, 희망사항 등을 조사하였다. 미사고자 면담 형식은 부록 B에 수록되어있다.

3.2.1 조사항목 및 설정배경

(1) 작업자기록

사고기록에서의 재해자 기록과 같이 조사에 응한 미사고자의 인적사항을 조사하였으며 이를 토대로 사고자와 미사고자간의 개인적인 신상의 차이를 알아보고자 하였다.

(2) 작업내용

조사대상자가 주로 해왔던 작업에 대하여 설문하였다. 주로 수행한 공정이나 작업은 무엇이었는지, 기계는 무슨 종류이었는지, 동시작업 혹은 공동작업을 해본 경험이 있는지 등을 알아보려고 하였다.

(3) 생산성

같은 종류의 작업을 하는 기계들 중에서 사고가 났었던 기계와 아닌 기계에 있어서 사고가 나기 전에 생산성이 차이가 났었던 지의 여부를 조사하였다. 기계의 평상시 성능과 사고와의 관계를 검토하였다.

(4) 작업자의견

오랜 현장경험을 가진 작업자가 사고에 대해 평소 생각해왔던 사항들을 조사하였다. 작업시 잠재적인 사고의 원인 및 작업자가 바라는 사항을 고찰함으로써 작업자 입장에서 실질적인 안전대책을 도출하고자 하였다. 특히 수행작업중 가장 위험하다고 생각했던 작업, 사고를 간신히 피한경험, 작업점에 손이 가는 이유, 그 밖에 잠재적인 사고의 원인, 사고방지를 위해 바라는 사항들을 경험이 풍부한 작업자들로부터 청취하였다.

(5) 5S, TPM, 100PPM실시여부

대기업에서는 5S, TPM, 100PPM과 같은 생산성향상을 위한 관리활동이 수년전 서부터 시작되어 이제는 완전히 정착단계에 들어섰으나 대부분의 영세중소기업의 경우에는 아직도 요원한 실정이다. 이런 관리활동 등의 실시여부, 가짓수 등이 재해발생경향과 어떤 관계를 가지는지 조사하였다.

(6) 작업기계

현재 작업하고 있는 기계에 대한 일반적인 제원을 조사하였다. 즉 기계의 크기, 종류, 사용연수, 자동화장치의 설비여부, 기계가 수행하는 작업의 종류, 방호장치의 종류, 기계스위치와 안전장치의 스위치를 켜고 끄는 단계수 등을 조사하여 사고기계와 비사고기계에 있어서 환경의 차이를 통계적으로 비교, 평가할 수 있는 근거를 만들려고 하였다.

(7) 교육

안전을 위해서 회사가 시행하고 있는 교육의 종류, 내용 및 빈도를 고찰하였다. 안전장치만에 관한 교육을 시행하는가, 매 작업변경시 안전에 관한 교육을 하는

가, 얼마만큼 자주 교육을 하는가, 그리고 주된 교육내용은 무엇인가에 관한 것들을 조사하였다.

(8) 기계 및 보호 장구의 안전수칙

기계나 보호장구에 관한 안전수칙 준수여부를 알아보았다. 특히 프레스에 대해서는 금형의 설치 및 조정시, 정지시, 운전시, 작업시작전 등의 상황으로 분류하여 조사하였으며, 보호구 및 작업복에 대하여서는 얼마나 자주 점검하는지, 검정품을 사용하는 지에 대해 조사하였다.

3.2.2 분석결과(미사고자면담)

사사고기록에 대한 분석결과와 마찬가지로 미사고자 면담에서도 조사에 응한 총 40개 회사의 대표중간관리자들을 대상으로 한 면담결과를 토대로 그들의 산 경험에서 우러나오는 의견들을 기술적(descriptive)으로 정리하였다. 몇가지 중요항목들을 살펴보면 먼저 그들의 평균 나이는 38세였고 근속년수는 모두가 10년 이상이었다. 다경험 작업자들이 제시하는 위험기계와 관련된 중요사항은 다음과 같았다.

(1) 가장 위험한 작업

가장 위험한 작업부분이라는 물음에 전체의 67%가 A: 재료공급 및 취출이라고 답하였다. 나머지 의견은 B(금형교체: 20%)와 C(기계수리: 13%)였다.

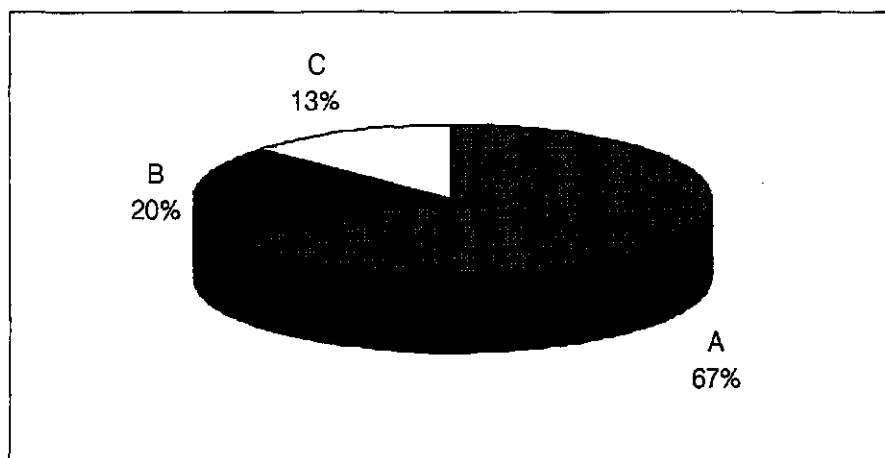


그림 3-9 위험작업의 종류

(2)희망사항

위험기계로 인한 재해방지를 위한 공통적인 바람은 첫째, 작업자들 입장에서 보면 확실히 정리되어있지는 않지만, 현재와는 근본적으로 다른 확실한 안전교육 및 규제(C: 46%)였다. 그 다음은 A: 기계출고시 완벽한 안전장치가 함께 부착되어서 출고(35%), B: 현실적이고 효율적인(생산성저하도 어느 정도 해결할 수 있는) 방호장치의 개발 및 개선(15%), D: 작업에 손이 가지 않는 금형설계 및 단순작업 탈피방안의 검토 순이었다.

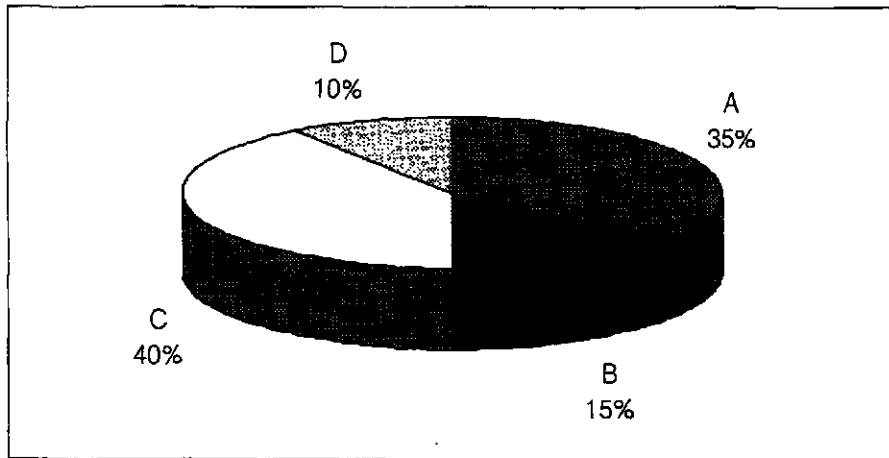


그림 3-10 안전을 위한 희망사항

(3) 사고를 피한 경험

사고를 가까스로 모면하였던 경험에 대해서 전체 47%가 각 개인의 부주의 및 실수를 제 1원인으로 꼽았고 그 다음 기계고장시(38%), 규율위반(15%)순이었다.

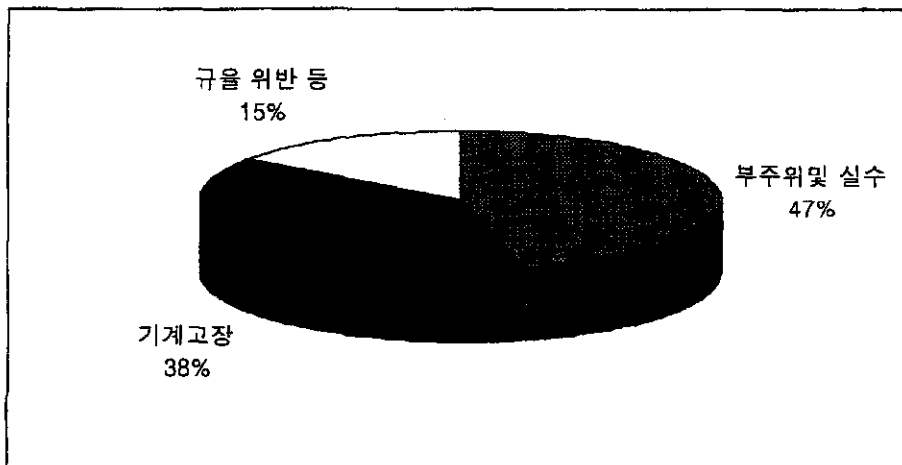


그림 3-11 가까스로 피한 사고의 원인

(4) 방호장치의 종류별 분포

조사된 회사의 구비된 방호장치의 종류를 살펴보면 첫째가 양수조작식과 전자감응식(광전자식)을 함께 갖춘 경우가 39%로 제일 많았고 그 다음은 전자감응식만 갖춘 경우(38%), 전혀 갖추지 않은 경우(11%), 양수조작식, 전자감응식, 손쳐내기식을 모두 갖춘 경우(6%), 손쳐내기식만 갖춘 경우(6%)순 이었다.

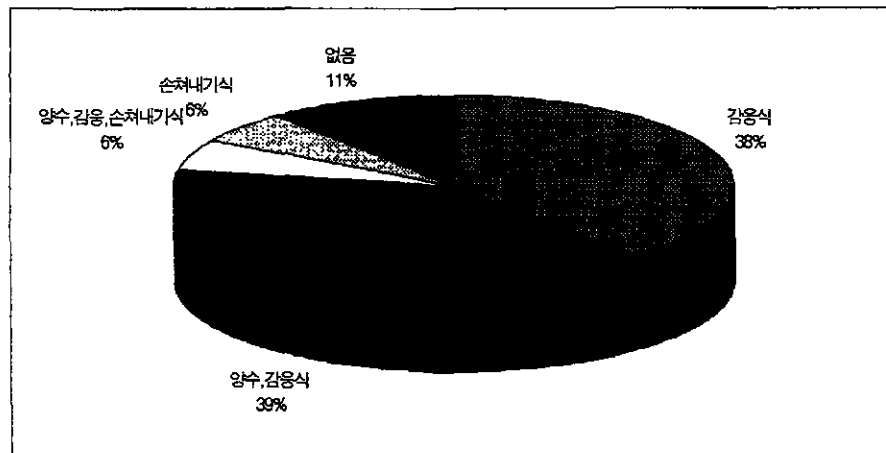


그림 3-12 방호장치의 종류

(5) 교육 및 관리

조사된 업체의 평균 교육빈도는 일주일당 1.7회였고 평균 교육기간은 일주일당 35분이었다. 단위기간당(분기별 혹은 1년당) 무재해에 대한 상으로 최소한 공식적인 회식이나 그 이상의 혜택을 주는 업체가 전체 40개중 8개에 불과하였다. 대부분의 업체들이 100명 이하의 영세업체인 이유로 일반적 관리기법들 중의 하나인 5S, TPM(설비보전), 100ppm운동의 실행이 매우 미미하였다. 5S의 경우 9업체, TPM의 경우 1업체 그리고 100ppm의 경우 5업체가 수행하고 있었다.

(6) 기타 잠재적 사고원인

그 밖의 잠재적인 사고의 원인으로 프레스의 경우 다경험자들이 공통적으로 지적하는 사항들을 정리하면 다음과 같다. 첫째는 Foot Pedal의 불안정이다. 여기서 작동형식, 페달유격의 불균일, 그리고 다단계 페달 작동방식의 미비를 들고 있다. 둘째는 양수조작식의 경우에 양쪽 버튼간의 거리이다. 아직까지는 이 거리가 전반적으로 표준화되어있질 못하여서 양쪽 버튼의 거리가 너무 가까울 경우, 본래의 목적과는 달리 한 손으로 동작시킬 수 있다는 점을 지적한다. 셋째는 주변정리 미흡인데 주변정리가 깨끗하게 되어있지 않은 경우에는 페달이나 스위치를 본의 아

니게 누르게 되는 경우가 발생할 수 있다는 것이다. 넷째는 불안정한 금형인데, 이 점에 대하여는 많은 수의 다경험자들이 한결같이 영세중소기업에서 쓰이는 금형들은 너무 낡고 오래되어서 손이 작업점 근처에 가야하는 상황을 많이 야기시킨다고 지적한다. 그에 대한 대안으로 정부차원의 안전금형설계지침의 개발을 강력히 원한다고 하였다. 마지막으로 다섯 번째는 안전교육의 내용에 관한 것이다. 이제까지의 안전교육내용이 너무 형식적이고 관련기관의 강요에 의해서 일방적으로 진행되었다는 것을 지적한다. 좀 더 현실적인 교육내용을 바라고 있는 것으로 사료된다.

3.3 작업환경조사서

3.3.1 조사항목 및 설정배경

인간공학적 관점에서 안전 사고 조사를 할 경우 그 사고의 원인은 사고 났을 당시 사고자가 처한 외부적인 요인과 같은 불안정한 조건(즉, 장비결함)과 세부적으로 알기 어려운 작업자만의 내부적인 요인(심리상태, 작업자세, 건강상태 등)과 같은 불안정한 행동(즉, 인간 실수)으로 분류할 수 있다[29].

하지만 사고자의 실수(오류)도 그 작업자만이 가지는 외부적인 작업 환경 상태로 말미암아 불안정한 행위와 불안정한 상태로 이어짐으로써 사고를 유발할 수 있는 잠재적인 원인이 될 수 있다. 따라서 본 조사에서는 사고난 기계와 사고가 나지 않은 기계를 사례군과 대조군으로 분류하여 사례군이 가지는 작업환경으로 말미암아 발생하는 사고의 잠재적인 사고원인을 찾아보는 연구를 실시하였다.

일반적으로 위험기계관련사고의 일차적인 원인은 작업자의 실수로 규명지을 수 있다. 이것은 작업자가 분명한 원인이 없이도 단순하고 반복되는 작업속에서 자신도 예상하지 못하거나 또는 비의도적인 행위로 말미암아 발생한 사고로 볼 수 있다. 하지만 이런 분명치 못한 원인 중에서도 작업자가 처해 있는 기계적 환경은 모두 다르다고 할 수 있다. 따라서 본 조사에서는 작업을 방해하지 않는 한도내에서 사고난 기계가 가지는 환경을 사례군으로 사고가 나지 않은 기계적 환경을 대조군으로 하여 작성한 점검 목록(checklist)형태로 자료를 수집한 다음 일련의 통계적 분석기법을 사용하여 사고와 작업환경과의 연관성을 규명해 보고자 하였다. 점검된 항목은 일반적인 기계 환경에 대한 항목과 인간공학적인 관점에서 보았을

때 고려할 수 있는 항목으로 되어있다. 조사된 항목의 주요 내용은 다음과 같으며 실제 형식은 부록 C에 수록되어있다.

(1) 기계

기계의 형태가 단동의 형태인지 반자동의 형태인지를 구별하여 조사하였다. 여기서 단동이란 사람이 직접 손으로 재료를 loading시키는 프레스를 말하며 반자동이란 재료를 loading하는 과정에 일련의 자동장치가 포함되는 프레스를 말한다. 이것은 작업자의 실수로 인한 사고의 발생율이 어느 형태의 기계에서 주로 발생하는가를 알아보기 위한 항목이다.

(2) 자세

각 기계적 환경마다 작업자가 취하는 자세는 크게 서서하는 자세와 앉아서 일하는 자세의 2가지로 분류할 수 있다. 프레스와 같은 단조롭고 반복적인 작업에서 이러한 두 가지 자세는 모두 장단점이 있다고 사료되지만 현실적으로 어느 쪽이 통계적으로 유의할 만큼 더 큰 위험도를 가지는지 알아보고자 하였다.

(3) 수공구

수공구의 비치여부를 나타내는 항목이다. 여기서의 수공구란 작업물을 loading하는 것부터 가공된 작업물을 unloading하는데 쓰이는 것과 가공중 발생한 slug를 제거하는데 쓰이는 수공구 등을 말한다. 사고 당시 수공구를 사용했는 지에 대해서 언급하는 것이 아니며 기계 주변에 이런 도구들이 비치되어 있는가를 나타내는 항목이다. 따라서 이런 수공구의 비치가 작업자가 작업점에 손을 이동하지 않고 도구를 사용하는 동기를 부여함으로써 사고를 방지하는 데 얼마나 잠재적으로 기여하는지를 조사하였다.

(4) 작업대 스위치높이

전통적인 인간공학에서 적정하다고 제시한 산업현장의 작업대높이는 92cm라고 한다[30]. 이 높이는 서서하는 작업과 앉아서 하는 작업 모두에 인간에게 적합하다고 알려져 있다. 따라서 현 산업용 프레스의 작업대 높이에 대한 조사와 나아가서는 높이와 사고 발생율과의 연관성을 알아보기 위한 항목이다.

(5) 작동식

작업자가 가공을 수행하는데 쓰이는 작동 스위치방식은 발로하는 페달식 스위치방식과 손으로 하는 방식이 있다. 특히 페달식은 air 클러치 페달과 구형 파워 프레스에서 쓰이는 일반적인 클러치 페달로 구분하였다. 이것은 자세적인 측면에서 발의 이동에 편리한 자세에서의 작업과 한 발을 고정시켜 놓고 작업하는 자세

를 고려하기 위해서였다. 인간공학적 측면에서 일반적인 클러치 페달은 매우 고정된 자세를 요구한다. 이것은 오랜시간동안 단조로운 작업을 수행하는 데 있어 작업자의 여러 신체부위에 지속적인 힘이 걸리게 함으로써 작업수행시 주위를 분산시켜 발과 손을 계속해 교대로 쓰는 작업시에 실수를 유발할 수 있는 가능성이 커질 수 있다. 따라서 본 조사에서는 이러한 두 가지 측면에서 사고의 경향을 알아보기 위하여 이 항목을 설정하였다.

(6) 방호장치

방호장치는 작업자가 작업수행시 실수를 하였을 경우 최대한 재해를 막을 수 있는 최적의 방안이 될 수 있다. 따라서 실제 산업현장에서의 방호장치의 실태와 그런 방호장치가 부착되어있음에도 불구하고 사고가 발생하는 이유에 대해서 고찰하였다.

(7) 소음

일반적으로 수행도와 소음의 관계는 응답 사이에 쉬지 않고 계속 실행되는 과업 및 지각이나 고도의 정보 처리능력이 요구되는 작업[39]이 아닌 이상 깊은 연관이 없는 것으로 되어 있다. 하지만 이 항목은 소음의 정도와 사고간의 관계를 알아보기 위하여 설정하였다.

(8) 조명

프레스 작업장의 조명에는 작업장 전체를 비치는 조명과 프레스의 작업점에 비치는 국소 조명이 있다. 조명이 작업 수행에 미치는 영향은 작업의 종류에 따라 다양할 수 있다. 따라서 한 작업에 미치는 조명의 영향을 다른 작업에 연관시키는 것은 바르지 못하다. 하지만 작업점에 비치는 국소 조명의 역할은 프레스와 같이 비교적 높은 주의를 기울여야 하는 위험 기계에서는 작업자들에게 안정감을 줌으로써 인간 오류를 최대한 줄일 수 있는 요지가 될 수 있을 것이다. 따라서 본 조사에서는 이런 국소조명의 설치여부와 사고와의 관계를 알아보고자 하였다.

3.3.2 분석방법

작업자의 실수로 인한 사고의 발생율과 앞에서 제시한 잠재적인 위험 요인들과의 관계를 분석하기 위하여 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 로지스틱 회귀분석은 두 단계(발생, 비발생)를 갖는 종속변수와 독립변수들간의 관계에서 종속변수의 비율에 관한 연구에서 적합한 분석기법으로 자주 쓰이는 통계 분석 기법이다. 이 분석 기법은 주로 의학계에서의 만성질환(chronic disease)연구에서 위험 요소

들(risk factors)과 두 가지의 종속변수(예. 질병의 발생과 비발생, 사망과 비사망)의 관계를 분석하는 연구에 가장 널리 이용되어지고 있다. 이 분석은 이론적인 면에서 손쉽게 해석되며 자료의 형태에 있어서도 독립변수가 연속형, 범주형, 혼합형인 모든 경우에도 적용되는 장점을 가지고 있다.

(1) 이론적 고찰

1) 로지스틱 회귀모형

회귀분석이란 한 변수(반응변수 혹은 종속변수)가 다른 여러 변수들(설명변수 혹은 독립변수)에 의하여 어떻게 설명되는 지 또는 예측되는 지를 알아보기 위한 통계적 방법이다. 분석대상으로 삼는 변수를 반응변수(response variable)라 하며, 그 반응변수의 형태를 설명해 주는 변수를 설명변수(explanatory variable)라고 부르는 데, 반응변수 y 와 설명변수 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 가 모두 연속형일 때, y 와 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 와의 함수관계를 1차 함수로 가정하고, y 의 변동을 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 의 1차 함수로 나타내지 못하는 부분을 오차항 ε 로 표시하여, y 와 설명변수 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 의 모형을 세우는 것이 회귀분석모형이라 한다. 즉 다음 식(3.1)과 같은 함수 관계를 설정해 볼 수 있다[24].

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon \quad (3.1)$$

설명변수 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 는 비확률변수(nonrandom variable)이고 단지 ε 만이 독립변수로서 평균은 0이고 분산은 미지의 σ^2 으로 나타낸다. 반응변수 y 는 비확률변수 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 와 확률변수 ε 의 합으로 표시되었으므로 확률변수가 되고 평균은 $\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p$ 이고 분산은 σ^2 이다. 여기에서 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ 는 추정되어야 할 회귀계수(regression coefficient) 또는 모수(parameter)라고 하며 자료로부터 결정된다. 한편 종속변수가 가질 수 있는 결과가 두 가지인 경우에도 혼하지는 않지만 회귀 분석을 할 수 있는데 우리가 관심을 갖고 가정하는 경우는 이러한 경우이다. 왜냐하면 분석하고자 하는 종속변수의 형태가 어떤 사건이 발생했다, 발생하지 않았다는 두 가지의 경우로 나타나기 때문이다. 하지만 종속변수가 0과 1만을 가지는 가변수인 경우에 일반적인 회귀분석을 실시함에 있어 통계적인 추정과 검정에는 다음과 같은 문제점이 생긴다.

- 오차항의 비정규성(Non-normality of errors)
- 오차항의 비등분산성(Unequal variance of errors)
- 반응함수의 제약성

종속변수가 가변수(dichotomous variable)인 경우에 반응함수의 모양이 S-형 곡선을 이루는 경우가 있다. 여기서 만일 자극의 수준을 x_i , 어떤 사건의 발생확률을 P_i 라 하였을 때 이들 사이의 관계를 정확히 나타내는 식으로 다음과 같은 비선형 함수가 발견되었다. 이것이 로지스틱 회귀모형이다[23].

$$P_i = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 x_i)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 x_i)}} \quad (3.2)$$

이와 같은 함수의 모양은 β_0 와 β_1 의 값에 따라 약간의 차이가 있지만 대체로 아래와 같은 모양을 갖는다.

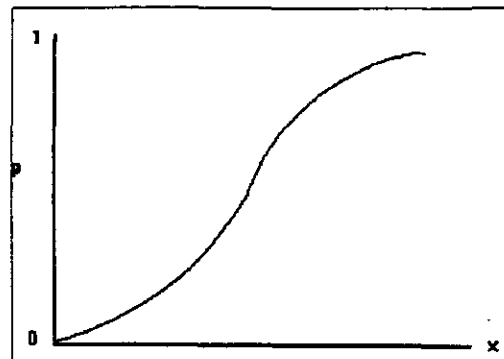


그림 3-13 로지스틱 곡선

여기서 로지스틱 함수는 0과 1사이의 값을 가지며 단조증가함을 알 수 있는 데 공변량(설명 변수)의 수가 P개인 경우를 생각해보면 다음과 같다.

$$P_i = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p)}} \quad (3.3)$$

2) 로지스틱 반응함수의 적합

위와 같은 상황에서는 적합시킬 반응 함수가 비선형이므로 변수를 변형해 작업

해야 한다.

위 식(3.3)에서 기대 반응 P_i 와 자극 수준 x_i 사이의 관계가 비선형적임을 보았다. 그러나 이를

$$P_i' = \ln \frac{P_i}{1-P_i} \quad (3.4)$$

와 같이 변형하면 식(3.4)는

$$P_i' = \beta_0 + \beta_1 x_i \quad (3.5)$$

로 단순화된다. 이와 같은 변환을 로지스틱 변환이라 하며 로지스틱 회귀분석에서 추구하는 내용은 이처럼 변형된 선형식을 가지고 모수(parameter)들인 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ 를 추정하는 것이다.

3) 교차비(Odds Ratio)

역학연구(epidemiological study)에 있어서 로지스틱 회귀분석이 가장 강력한 분석기법중의 하나로 자리 잡는 중요한 이유중의 하나는 교차비(odds ratio)의 산출이다. 이것은 굿맨(Goodman)과 크루스칼(Kruskal)이 2×2 분할표에서 두변수의 연관성을 χ^2 의 함수가 아닌 방법으로 측정한 여러 연구 결과에서 발표된 것 중 가장 중요하고 널리 쓰이고 또 쉽게 계산되는 통계량이다[9].

로지스틱 회귀계수와 Odds Ratio가 어떻게 연관되는 지를 알아보면 먼저 독립변수가 두 가지의 값을 가진 가변수라 가정했을 때 독립변수 x 에 대한 종속변수가 1이 될 확률은 다음과 같이 된다.

$$\pi(x) = \frac{e^{(\beta_0 + \beta_1 x)}}{1 + e^{(\beta_0 + \beta_1 x)}} \quad (3.6)$$

이것은 표 3-1과 같이 간략하게 나타낼 수 있다

표 3-1 독립변수가 두 가지일 때 로지스틱 회귀모형의 반응값

독립변수 종속변수	X=1	X=2
Y=1	$\pi(1) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}}$	$\pi(0) = \frac{e^{\beta_0}}{1 + e^{\beta_0}}$
Y=0	$1 - \pi(1) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}}$	$1 - \pi(0) = \frac{1}{1 + e^{\beta_0}}$

여기서 $x = 1$ 일 때 나타나는 종속변수의 Odds는 $\pi(1)/[1 - \pi(1)]$ 이고, $x = 0$ 일 때의 Odds는 $\pi(0)/[1 - \pi(0)]$ 과 같이 정의된다.

그러면 교차비(odds ratio)는, ψ 로 표기하며, $x = 0$ 일 때의 odds에 $x = 1$ 일 때의 odds의 비로 정의한다[31].

$$\psi = \frac{\pi(1)/[1 - \pi(1)]}{\pi(0)/[1 - \pi(0)]} \quad (3.7)$$

이제 여기에 표 3-1에서 로지스틱 모형의 표기식을 사용하면 위 식(3.7)은

$$\begin{aligned} \psi &= \frac{\left[\frac{e^{\beta_0 + \beta_1}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}} \right] \left[\frac{1}{1 + e^{\beta_0}} \right]}{\left[\frac{e^{\beta_0}}{1 + e^{\beta_0}} \right] \left[\frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1}} \right]} \\ &= \frac{e^{\beta_0 + \beta_1}}{e^{\beta_0}} = e^{\beta_1} \end{aligned} \quad (3.8)$$

가 된다.

따라서 두개의 독립변수를 가지는 로지스틱 회귀분석에서 교차비는

$$\psi = e^{\beta_1}$$

가 되어 쉽게 회귀계수로 산출할 수 있다.

이 통계량의 해석은 $x = 0$ 일 때 보다 $x = 1$ 일 때 결과가 얼마만큼 더 발생하는 가를 나타내는 척도이다. 예를 들어 y 가 폐암이 있고 없음을 나타내는 종

속변수이고 x 가 각 개인이 흡연자이고 비흡연자란 사실을 나타내는 범주형 독립 변수라고 할 때, 만일 $\hat{\theta} = 2$ 라면 이것은 연구된 대상 가운데 폐암이 비흡연자보다 흡연자에게서 두배 정도 더 발생한 다는 것(위험도가 높다는 것)을 의미한다.

3.3.3 분석결과(작업환경)

본 연구에서는 조사에 응한 총 40개 회사에서 사고가 났었던 기계와 사고가 나지 않았었던 기계, 즉 대조군과 비대조군으로 기계를 나누어 총 91개 기계와 거기서 작업하는 작업자들을 대상으로 기계자체와 기타 작업환경에 있어서 어떤 차이가 있는지 알아보고자 하였다. 물론 이와 같은 조사에 있어서 어려운 점은 조건을 완전히 제어할 수 있는 실험실이 아닌 실제 작업장에서 조사를 수행하여야 하기 때문에 과정이나 결과에 대하여 100%의 신뢰도를 가진다고 말할 수는 없다는 것이다. 그런 이유로 이런 상황에 제일 알맞는 통계기법(logistic regression)을 적용하였다. 즉 이상황에 제일 적합한 통계기법을 이용하여 과정 및 결과의 신뢰도를 높이고자 하였다. 또한 이 조사에 있어서의 또 다른 문제점은 이런 조사에 대한 작업자들의 반응이다. 일반적으로 인간은 누구에게 감시를 받거나 평가를 받는다는 느낌이 들면 수행도가 떨어지고 심리적으로 부담을 갖거나 심지어는 불쾌감을 느끼게 된다. 이러한 일선 작업자들의 거부감과 그것을 염려하는 관리자들의 부정적인 태도가 본 연구의 근간이 되는 데이터 수집과정 및 조사업체 수배에 실제로 커다란 장애가 되었었다. 따라서 본 연구에서는 최대한으로 작업에 방해를 주지 않으면서 되도록 정확한 데이터의 수집이 가능하도록 노력하였다.

1차적으로 50여개의 작업의 위험도에 영향을 줄만한 잠재적인 모든 인간공학적 요소들에 대하여 survey를 수행하였다. 1차로 조사된 16개업체에서 얻은 데이터들을 토대로 하여 Logistic Model을 적용해서 핵심 위험요인들을 도출하였다. 이 때 핵심요인 도출기준은 p 값이 0.2인 경우로 제한하였다. 이 기준을 통과한 핵심위험요인들을 기본으로하여 표 3-2과 같은 2차 작업환경조사서를 도출하였다. 2차형식을 이용하여 2차로 조사된 24개 업체에서 얻은 데이터를 토대로 핵심요인을 또 다시 도출하였다. 여기서도 1차때와 마찬가지로 종속변수는 0: 무사고 1: 사고로 표시하였고 통계모델에 들어가는 독립변수들로 다음의 10개 요인(이산변수=7, 연속변수=3)을 고려하였다.

표 3-2 기계작업환경조사서

위험 기계 작업환경조사서					
항 목	내 용				
작 업 장	기계주변 청결도 : 상 중 하		기계의 layout: 제품가공순별, 기계군별 기타 =====>		
기 계	1행정 반자동 자동	기계명:	서서하는 작업인가? Y / N	사고 기계: Y / N	
				사고작업과 동일한가?: Y / N	
소 음	기계 근접 소음 레벨(dB): 옆 작업자와 대화가 가능한가?				
조 명	작업장 조명도	자연채광	작업점을 밝혀주는 국소조명이 있는가?		
			작업점의 조명도: 작업주변이 밝은가?		
작 동 식 (프 레 스)	페달식	Air 클러치 페달	양수 조작식	기타:	
		클러치 페달			
방호 장치 (프 레 스)	광선식 손차대기식 (기타:)				없음
	사용 안함	이유: 작업에 부적절, 생산속도 저하 (기타:)			
작 업 대 스 위 치	작업대		스위치		
	높이:		높이: 작업자의 손에 닿는 위치에 있는가?		
수 공 구	수공구 사용		수공구 미사용	기타:	
	적절하게 보수 유지 되는가?				
자 세, 각 도	허리-손 수평거리:		각 도		
			팔꿈치:	어깨:	허리:
작 업	위험장소접근가능성:			기타:	
	운전중인 기계장치 손질가능성:				
	불안전한 자세, 동작:				
	High Vigilance	Short decision making	장갑착용여부		
경 계	BUZZAR		FENCE		경계 표시 결함
CYCLE TIME					
기 타					
페달 스케치					

표 3-3 위험작업환경요인 2차

요인	0	1
작업자세	앉은 자세	선자세
자동이송장치	있음	없음
클러치 페달	비사용	사용
방호장치	있음	없음
작업점국소조명	있음	없음
수공구	있음	없음
대화가능정도	있음	없음
사이클 타임	연속변수	
작업대 높이	연속변수	
스위치 높이	연속변수	

표 3-4는 표 3-3에 있는 변수들에 대한 Logistic 회귀분석결과를 정리한 것이다.

표 3-4 2차 회귀분석결과

요인	자유도	추정계수	표준오차	P값	교차비
작업자세	1	0.231	0.527	0.660	0.793
자동이송장치	1	0.693	0.569	0.223	2.000
클러치 페달	1	0.629	0.524	0.230	1.875
방호장치	1	-0.470	0.499	0.346	0.625
작업점국소조명	1	-0.165	0.482	0.733	0.848
수공구	1	1.246	0.555	0.025	3.477
대화가능정도	1	-0.796	0.506	0.115	0.451
사이클타임	1	0.613	0.743	0.409	-
작업대 높이	1	0.007	0.014	0.564	1.008
스위치 높이	1	-0.011	0.005	0.029	0.989

표 3-4를 살펴보면 한번 걸러진 핵심요인들에 있어서 통계적으로 유의한 영향을 보이는 요인은 거의 없었다. 앞서 언급한 조사상황의 제한적인 요소와 데이터

의 부족이 그 이유라고 생각된다. 하지만 보통 교과서적인 문제에서 통계치의 유의기준으로 많이 쓰이는 p값으로 0.05, 0.1 등에서 조금 완화시킨 기준($p=0.2$)으로 보면 단정적으로 유의하다고 말할 수는 없지만 유의한 경향을 보이는 변수들이 있었다.

(1) 작업자세

작업자세는 음의 계수 추정치를 가지므로 앉아서 일하는 것(0)이 서서 일하는 것(1)보다 위험도가 높은 것으로 나타났다. 또한 교차비(odds ratio=0.825)로부터 서서 일할 때 위험이 앉아서 일할때의 위험도의 0.793배임을 알 수 있다. 하지만 p값은 0.66이므로 통계적으로 큰의의를 가지지는 못하였다.

(2) 자동이송장치

자동이송장치의 설치유무는 p값이 0.2근처이므로 설정된 기준으로 볼 때 통계적으로 유의한 경향을 보인다고 말할 수 있다. 계수의 추정치는 양의 값을 가지므로 설치가 안된기계(1)가 되어있는 기계보다 위험도가 높다. 교차비(2.0)으로부터 설치가 안된기계가 되어있는 기계보다 위험도가 2배인 것을 알 수 있다.

(3) 클러치페달

양수조작(0)과 페달사용(1)의 관계는 p 값이 0.2근처이므로 통계적으로 유의한 경향을 보였다. 계수 추정치가 양의 값이고 교차비가 1.875이므로 페달사용시가 양수조작을 할 때보다 1.875배의 위험도를 가지는 것으로 나타났다.

(4) 방호장치

방호장치의 유무는 통계적으로 유의한 경향을 보이지 않았다.

(5) 작업점 국소조명

작업점 국소조명의 설치여부도 통계적으로 유의한 영향을 보이지 않았다($p=0.732$).

(6) 수공구

자석집게 및 기타 수공구의 사용 및 비치여부는 통계적으로 유의하였다($p=0.024$). 즉 수공구를 비치하지 못한 작업상황(1)이 비치하고 사용하였을 때 보다 3.47배(교차비)의 위험도를 가지는 것으로 나타났다.

(7) 대화가능정도

이 항목의 기준은 일반적인 귀마개를 사용하지 않았을때의 작업한계기준인 85dB로 정하였는데 85dB이하의 소음하에서의 작업상황(0)이 85dB이상의 작업상황(1)보다 위험하였다(계수추정치=-0.796). 그리고 그때의 위험도는 약 2배(교차비

의 역수=1/0.451)정도로 나타났다.

(8)사이클 타임

이 요인에 대하여는 조사당시 작업을 하지 않고 있는 기계들이 많았었던 이유로 missing data가 너무 많아서 통계분석을 구체적으로 하지 못하였다.

(9)작업대 높이

작업면까지 높이는 통계적으로 유의한 경향을 보이지 않았다.

(10)스위치높이

바닥에서 스위치까지의 높이는 낮을수록(계수추정치=-0.011) 위험도가 높은 것으로 나타났으며 통계적으로 유의하였다($p=0.029$). 이 요인은 연속변수의 형태를 가지고 있으므로 여기서의 교차비는 별 의미가 없었다.

3.4 인간공학 설문

3.4.1 조사항목 및 설정배경

이제까지 언급한 실태조사가 사고를 당한 작업자와 이제까지 무사고이면서 해당업체의 대표숙련 작업자를 대상으로 행해진데 반해서 인간공학설문에서는 사고/무사고, 경력 등에 관계없이 일반 작업자들을 무작위로 추출하여 작업에 관계되는 일반적인 사항 등에 대하여 조사하였다. 이 부분은 크게 세부분으로 나뉘어진다. 첫 번째는 인간요소 질문으로서 작업시 작업자의 심리상태에 관한 것이고, 두 번째는 작업환경, 그리고 세 번째는 기계작동시 인간의 오류를 만들어내기 쉬운 제어판넬의 배열에 관한 것이었다. 실제 설문형식은 부록 D에 수록되어 있다.

(1) 인간요소

이 부분은 주로 피로에 관한 내용이다. 피로는 인간이 몸으로 느끼는 변화로서 권태감, 능률저하 등을 가져오며 정신적 피로와 육체적 피로로 나눈다. 정신적 피로는 작업태도, 자세, 사고활동 등의 변화를 말하고, 육체적 피로는 감각기능, 순환기 기능, 반사기능, 대사기능 등의 변화를 말한다. 피로는 안전작업에 중요한 원인이 되므로 육체적 피로를 느끼는 시간과 정신적 피로의 원인, 영향 등을 설문항목으로 설정하여 사고자와 비사고자간의 답변에 어떤 경향에 있는지 알아볼 필요가 있다.

이 설문서에 있어서 피로에 관한 주된 내용을 살펴보면 크게 네 가지를 들 수

있다. 첫째는 주의력이다. 주의란 어떤 목적에 신경을 집중시키는 것을 말한다. 주의는 장시간 지속되기 어렵고 1개 이상에 주의력을 집중하기는 힘들다. 특히 지루함은 주의력 저하, 스트레스, 안전의식 저하, 작업의욕 저하 등을 일으키는 원인이므로 작업자가 작업시간중 가장 지루함을 느끼는 가를 알아볼 필요가 있다.

둘째는 육체적 피곤함이다. 육체적 피곤함을 많이 느끼게되는 시간대로는 작업 시작 직후에 동작의 실패경향이 매우 높다가 점심시간까지는 낮아지는 경향이 있다. 그리고 또 점심시간 직후에 매우 높다가 퇴근시간 직전까지는 낮아지는 경향이 있다. 사고자의 경우에는 이런 일반적인 경향과 차이가 있는지를 살펴볼 필요가 있다.

셋째는 정신적 피로의 원인에 대한 내용이다. 정신적 피로는 보통 어려운 계획이나 면밀한 작업에서 정신적 긴장이 강제되고 있을 때 일어나는 중추신경계의 피로를 말한다. 이런 정신적 피로를 느끼는 인간적인 원인으로서는 작업량, 작업시간, 당일 컨디션, 개인적인 문제, 회사내 인간관계 등이 일반적으로 고려되고 있다. 이 가운데서 사고를 일으킨 작업자와 사고를 일으키지 않은 작업자들이 어떤 원인을 가장 큰 원인으로 꼽는지 알아볼 필요가 있다. 피로가 작업에 미치는 영향으로는 다음과 같은 것들이 있다. 생산성의 저하, 손놀림의 저하, 작업의 정확도 저하, 작업속도 저하, 재해를 증가 등을 꼽을 수 있다[1, 6]. 따라서 작업자가 피로를 느낄 때 본인이 감지하는 영향도를 알아볼 필요가 있다.

넷째는 작업에 관한 불만이나 스트레스에 관한 내용이다. 작업과 관련한 짜증(스트레스)의 원인에 대한 질문으로 현장에서 작업자가 불만족을 갖는 부분이다 [6]. 주요 원인으로서는 프레스 작업의 경우 불량품생산, 금형교환, 고장, 작업부하, 주위환경 등이 있고 문제가 되는 원인들에 대해서는 작업개선이 되어야 한다.

인간요소부분의 마지막 설문내용은 위험기계들 중에서도 대표격이라고 할 수 있는 프레스를 담당하는 작업자들만을 대상으로 한 것이다. 제일 먼저 작동방법에 대해서 보통 많이 사용하는 발 스위치와 양수조작식 스위치에 대한 질문은 만약 처음부터 작업을 양수조작 스위치를 사용하도록 작업자를 훈련시킨다면, 작업자가 피로를 느낄 때에도 발 스위치로 바꿔 사용하지 않고 그대로 양수 스위치를 사용할 것인가를 묻는다. 작업자 자신이 감응식 안전장치를 꺼려하는 가장 큰 이유는 무엇인가를 알아보고 앞의 두 문항을 통합해서 작업자가 선호하는 운전환경에 대한 질문을 한다. 보통 페달의 깊이가 깊은것은 힘이 많이 들어가는 대신에 크고 확실한 동작으로 사고 위험을 줄일 수 있다. 깊이가 얇은 페달은 힘은 적게 드는

대신에 실수로 살짝 눌러도 기계가 작동하게 된다[25, 27]. 선호하는 페달의 유형에 대한 질문은 이 두 페달의 유형중 어떤 페달을 더 선호하는 지를 묻는다.

(2) 환경요소

밀폐된 실내의 탄산가스 농도가 증가하면 일의 능률을 저하시키고 쾌적하지 못한 작업환경에서는 쉽게 피로감을 느끼므로 작업장의 환기, 분진과 냄새에 대한 질문을 구성하였다. 불량한 조명 상태 하에서 정확한 정보를 파악하려면 인간은 생리적으로 많은 에너지를 소비하게 되므로 쉽게 피로를 느끼고 능률이 저하되어 불량품이 생기기 쉬우며 사고가 일어나기 쉽게 된다[6]. 따라서 작업점에 적당한 조도가 유지되는가에 대한 질문이 필요하다.

(3) 프레스 제어판넬 질문

프레스에서 많이 사용하는 여러 가지 스위치들의 위치나 구성에 대한 질문들로 어떤 스위치들이 가장 많이 사용되는가와 스위치들의 위치(판넬의 윗부분, 아랫부분, 가운데, 왼쪽, 오른쪽)를 알아보기 위한 질문들이다.

먼저 스위치들의 여러 가지 기능중 작업자들이 사용하는 빈도가 가장 높은 스위치들을 구분하고, 사용빈도가 높은 스위치 군이 제어판넬의 6가지 위치중 선호되는 위치를 찾는다. 다음으로 작업자가 현재 사용하는 프레스의 작동상태를 알기 위해 해당기능의 스위치와 램프중 어떤 것을 먼저 보는 지와 어떤 배열이 더 시각적으로 편한지를 알아볼 필요가 있다.

3.4.2 분석방법

여론조사에서 종교별로 대상의 반응을 조사한다던가, 성별, 지역별로 소비행태를 조사하는 경우 이들의 목적은 몇 가지 범주 중에서 하나에 속하는 비율을 분석하는 것이다. 분류 변수가 하나인 경우 분석 목적은 각 범주별로 자료가 주어진 가정에 적합한가를 조사하는 것이고 분류변수가 2개 이상인 경우 분석 목적은 각 변수들간에 관련성이 있는가를 조사하는 것이다. 이러한 분석들을 위한 통계량은 대개가 카이제곱(χ^2)분포를 점근적으로 따르게 되며 이는 1900년도에 Karl Pearson이 제안한 카이제곱통계량과 밀접한 관계를 갖는다[24].

(1) χ^2 분포의 이론적 고찰

정규모집단 $N(\mu, \sigma^2)$ 에서 크기 n 인 표본 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 을 뽑게되면, 이때,

$$\begin{aligned}\chi^2 &= \frac{(X_1 - \mu)^2}{\sigma^2} + \frac{(X_2 - \mu)^2}{\sigma^2} + \cdots + \frac{(X_n - \mu)^2}{\sigma^2} \\ &= z_1^2 + z_2^2 + \cdots + z_n^2\end{aligned}\quad (3.9)$$

인 합을 자유도 n 인 χ^2 분포에 따르는 확률변수라 부른다.

형식적으로 나타내면,

자유도 ϕ 인 χ^2 분포 = 상호독립인 ϕ 개의 표준정규분포의 자승합

인 관계가 성립한다. 또한 정규모집단 $N(\mu, \sigma^2)$ 에서 취한 크기 n 인 표본의 평방화 S 를 모분산으로 나눈 $\frac{S^2}{\sigma^2} = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sigma^2}$ 는 자유도 $n-1$ 인 χ^2 분포를 따른다.

여기서 자유도가 $n-1$ 이 되는 것은 $\bar{X}$ 가 이용되므로 자유도가 1만큼 감소하기 때문이다. χ^2 분포에 있어서는 일반적으로 자유도 ϕ 가 다르면 다른 분포형태로 되지만, 다음과 같은 공통적 성질이 있다.

- 1) χ^2 분포는 0에서 ∞ 의 범위이다. 그리고 분포의 꼬리는 오른쪽에 있다.
- 2) ϕ 가 커지면 χ^2 분포의 밀도관계(χ^2 곡선)는 종모양에 가까워져 얼핏 보기에는 정규곡선처럼 된다.

이렇듯 실험결과가 k 개의 상호배반적인 범주에 속한다고하면 이러한 실험을 n 회 반복 시행하였을 때 $n_1, \dots, n_k$ 를 각 범주에 속하는 관측빈도라 하고 $e_1, \dots, e_k$ 를 해당범주에 속하는 관측빈도의 기대값, 즉 $E[n_i] = e_i$ 라고 하면 n 이 커질 때 통계량 $\chi_0^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i}$ 은 자유도 $k-1$ 인 카이제곱분포에 접근해간다.

χ_0^2 와 χ^2 분포와의 관계를 살펴보면, χ_0^2 는 명백히 통계량으로서, 그 분포는 근사적으로 χ^2 분포를 한다. 이 근사에 관해서는 χ^2 분포가 정규분포를 기초로 하므로 E 의 각 열중에 있는 성분 중 도수의 기대값이 최소한 1 이상일 필요가 있다. 그렇지 않은 경우에는 표본의 크기를 증가시키거나, 둘 이상의 범주를 하나로 축소·통합할 필요가 있다.

(2) 분할표

본 연구의 인간공학설문에서 사고자와 비사고자간에 응답하는 경향에 있어서 유의성이 있는지 알아보려면 범주형 자료분석에서 많이 사용되는 분할표를 이용한다. 분할표는 2개의 속성간의 관계를 명확히 하기 위해 사용된다. 일반적으로 r 행 c 열로 구성된 분할표를 $r \times c$ 분할표라 하고 귀무가설 H_0 는 '속성간에는 관계가 없다(독립이다)'라는 형태를 취하며, 대립가설 H_1 는 '각 속성은 상호독립이 아니다'라는 형태를 갖는 게 일반적이다.

이론적인 면을 살펴보면, 어떤 실험을 수행한 결과가 두 가지 성격으로 구분되는 경우에 한 변수를 X 라 하고 다른 변수를 Y 라고 하자. 또 X 는 r 개의 범주로 나누어지고 Y 는 c 개의 범주로 나누어진다고 하자. 전체 n 회의 독립적인 실험을 반복한 결과 X 의 i 번째 범주와 Y 의 j 번째 범주에 속하는 시행회수가 n_{ij} ($i=1, \dots, r, j=1, \dots, c$)라 하고

$$\begin{aligned} n_{i\cdot} &= \sum_{j=1}^c n_{ij} & n_{\cdot j} &= \sum_{i=1}^r n_{ij} \\ \sum_{i=1}^r n_{i\cdot} &= \sum_{j=1}^c n_{\cdot j} = n \end{aligned} \quad (3.10)$$

이라고 하면 실험결과는 다음과 같은 2차원 표로 표현될 수 있다.

표 3-5 $r \times c$ 분할표

	Y_1	Y_2	$\dots$	Y_c	합
X_1	n_{11}	n_{12}	$\dots$	n_{1c}	$n_{1\cdot}$
X_2	n_{21}	n_{22}	$\dots$	n_{2c}	$n_{2\cdot}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\dots$	$\vdots$	$\vdots$
X_r	n_{r1}	n_{r2}	$\dots$	n_{rc}	$n_{r\cdot}$
합	$n_{\cdot 1}$	$n_{\cdot 2}$	$\dots$	$n_{\cdot c}$	n

이와 같이 표현되는 2차원 표를 $r \times c$ 분할표(contingency table)라고 부른다.

따라서 $r \times c$ 분할표에서 주어지는 통계량,

$$\chi_0^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}, \quad e_{ij} = \frac{n_{i\cdot} \cdot n_{\cdot j}}{n} \quad (3.11)$$

은 행과 열이 독립적일 때 점근적으로 자유도가 $(r-1)(c-1)$ 인 χ^2 분포에 접근해가므로 유의수준을 α 라고 하면 귀무가설은 $\chi^2 > \chi_{\alpha, (r-1)(c-1)}$ 일 때 기각된다.

3.4.3 분석결과(인간공학설문)

총 75명의 일반작업자들을 대상으로 위험기계 및 작업에 대한 작업에 관계되는 심리적 요소, 환경요소, 제어판넬에 관계되는 내용에 대하여 일대일 설문조사를 수행하였다. 이 설문조사를 통하여 사고자와 비사고자 그리고 사고자의 경우에도 근래에 사고를 당하여 현재 병원에 있는 사람과 비교적 오래전에 사고를 당한 사람과 인간공학적인 질문내용에 대하여 다른 반응을 보이는가를 조사하였다. 먼저 (1)에서 (6)까지는 일반적인 사고자와 비사고자간에 있어서 통계적으로 유의한 차이($p < 0.05$)를 보이는 항목들을 정리하였다.

(1) 문5. 귀하는 하루중 언제 지루함을 가장 많이 느끼십니까?

- ①오전 작업시작 직후
- ②점심시간 직전
- ③점심시간 직후
- ④퇴근시간 직전

반응: 그림 3-14에서 보드시피 사고자, 비사고자 모두에게 '3: 점심시간 직후'가 가장 지루한 시간으로 나타났다. 하지만 적지않은 수의 사고자의 경우에는 퇴근시간 직전도 지루한 시간이라는 반응을 보였다.

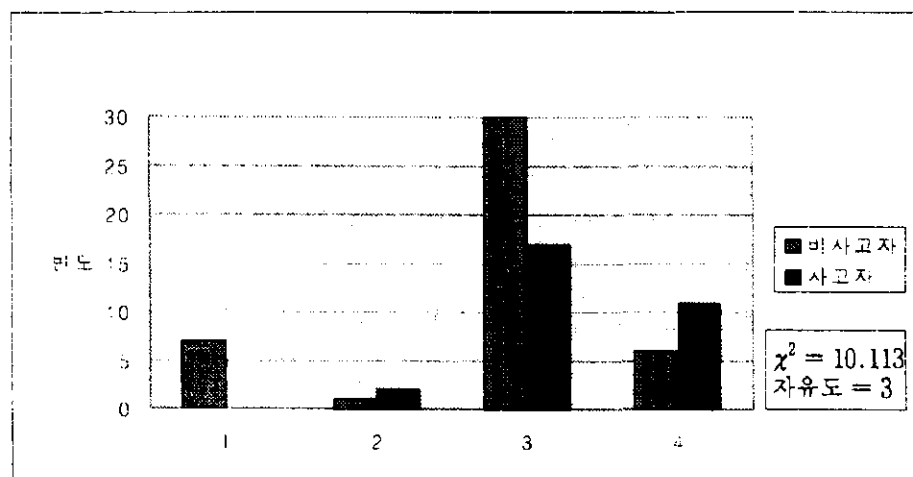


그림 3-14 빈도분포(문제5)

(2) 문9. 귀하는 피로를 느낄 때 안전수칙을 위반하게되거나 요령을 피우게되지 않습니까?

- ①분명히 그렇다
- ②그런 것 같다
- ③그렇지는 않다
- ④잘 모르겠다

반응: '보기2: 그런 것 같다'가 사고자 뿐만 아니라 비사고자들에게서도 제일 높은 빈도로 나타났다. 사고자와 비사고자간 차이는 보기3과 4에서 약간씩 나타나는데 사고자의 경우에는 '그렇지는 않다'라고 답한 사람이 '그런 것 같다'라는 보기 다음으로 많았던 것에 비해서 '그렇지는 않다'라고 대답한 사람이 상대적으로 적었다.

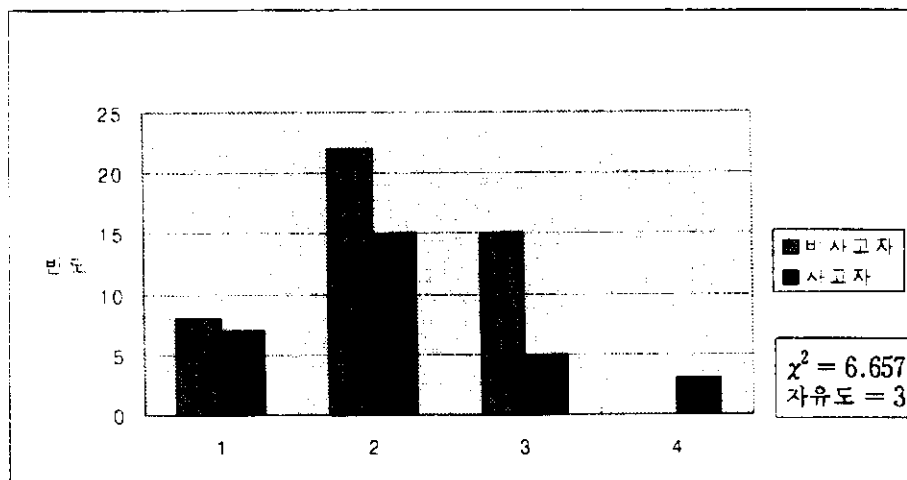


그림 3-15 빈도분포(문제9)

(3) 문10. 만약 귀하가 작업도중 다른생각을 하게된다면 그 내용은 주로 어떤것입니까?

- ①개인적인 사항
- ②직장내 인간관계
- ③작업량
- ④잘 모르겠다

반응: 사고자와 비사고자 모두 작업중 '다른생각'의 내용으로는 '개인적인 사항'이 제일 많았다. 비사고자의 경우에는 그다음으로 '작업량'을 사고자의 경우에는 '직장내의 인간관계'를 꼽았다.

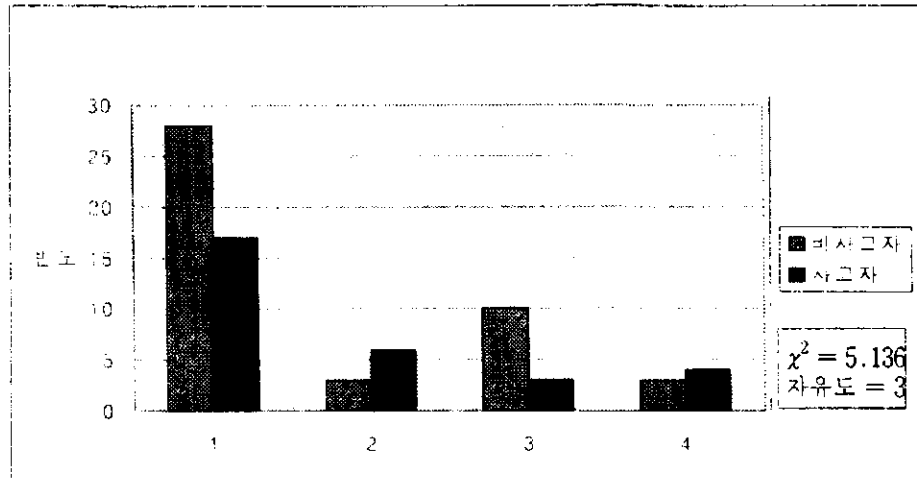


그림 3-16 빈도분포(문제10)

(4) 문21. 귀하는 공기속에 떠도는 먼지나 기타 기계적인 냄새 때문에 불쾌감을 느끼십니까?

- ① 많이 느낀다
- ② 보통이다
- ③ 별로 못느낀다
- ④ 잘 모르겠다

반응: 비사고자의 경우는 절반이상이 작업장의 먼지나 기계적인 냄새를 '많이 느낀다'라고 응답하는 반면에 사고자의 경우는 '보통이다'와 '별로 못느낀다'라고 대답하는 경향이 큰 것으로 나타났다.

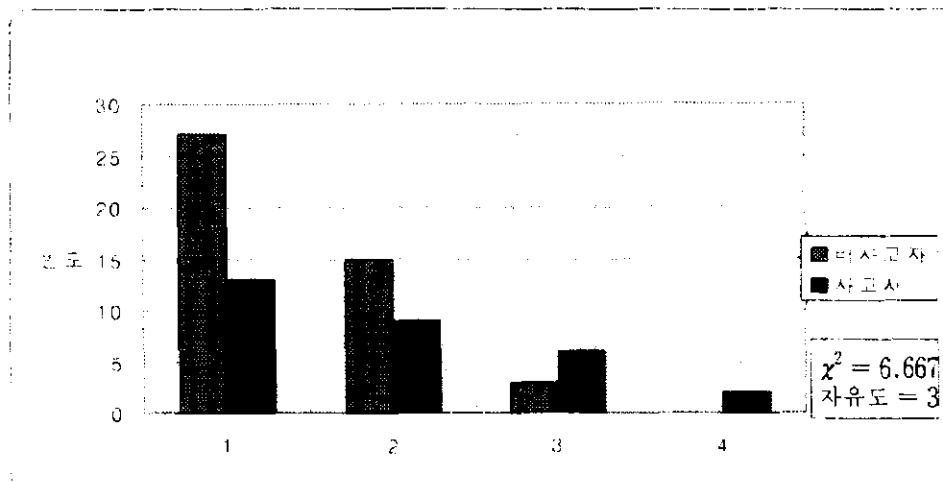


그림 3-17 빈도분포(문제21)

(5) 문22. 귀하는 프레스의 작업점에 조명이 충분하다고 생각하십니까?

- ①매우 충분하다
- ②보통이다
- ③어둡다고 느낀다
- ④잘 모르겠다

반응: 비사고자의 경우는 작업점의 조명이 '보통이다'라고 응답하는 경우가 많았으며 사고자의 경우에는 비슷한 비율로 각 보기들에 답하였다.

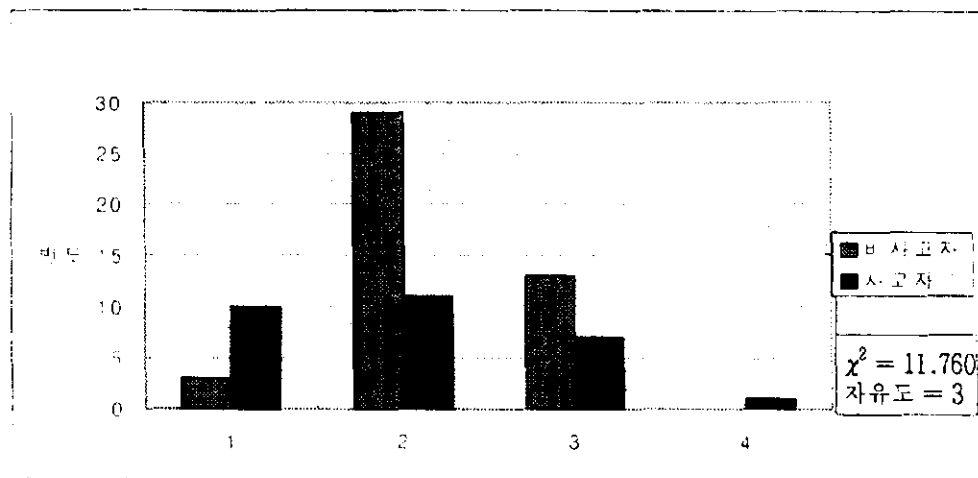


그림 3-18 빈도분포(문제22)

(6) 문26. 다음 6개 위치중 귀하가 제어판넬에서 가장 적당하다고 생각되는 운전 선택 스위치의 위치는?

①	②
③	④
⑤	⑥

반응: 사고자, 비사고자 모두 제일 적당하게 생각되는 운전스위치의 위치로 2번 (northeast corner)을 뽑았다. 제일 적당하지 못한 위치에 대하여는 비사고 자간의 경우 4번(중간행의 오른쪽)을 사고자의 경우는 1번과 6번을 뽑았다.

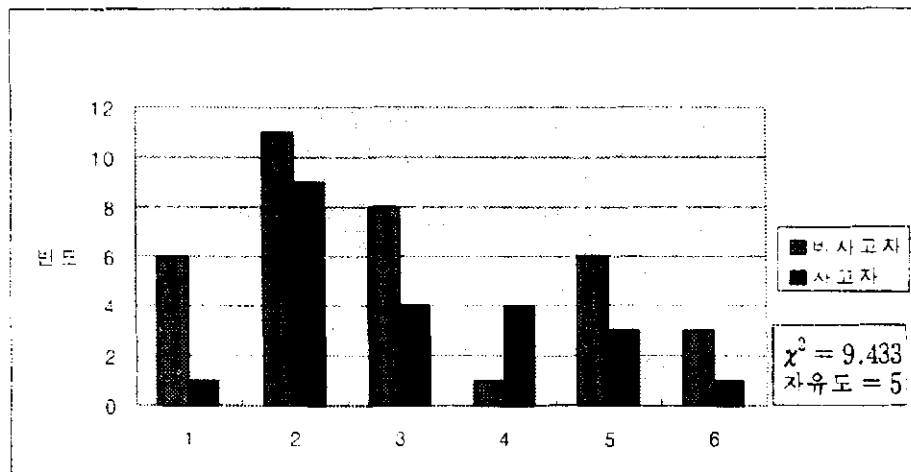


그림 3-19 빈도분포(문제26)

다음 (7) ~ (14)까지는 사고자들로부터 얻은 설문 데이터를 대상으로 오래전에 사고를 경험하고 현재는 공장에서 일하고 있는 사람과 근래에 사고를 당하여 병원에 있는 사람과의 차이가 통계적으로 유의한($p < 0.05$) 설문항목들을 정리하였다.

(7) 문7. 귀하가 작업도중 정신적인 피곤함을 느낀다면 가장 큰 원인이 무엇이라고 생각하십니까?

- ①지금 하고있는 작업이 너무 힘들거나 작업량이 많아서
- ②작업시간이 너무 길어져서
- ③전날 피곤이나 잠을 충분히 자지 못해서
- ④개인적인 문제 또는 회사의 상사나 동료에게 불만이 있어서

반응: 작업중 정신적인 피곤함에 대한 원인으로서는 공장작업자의 경우 네가지 원인을 골고루 들었고 병원입원자인 경우에는 '작업량이 너무 많아서'와 '개인적인 문제 혹은 직장내의 인간관계'를 들었다.

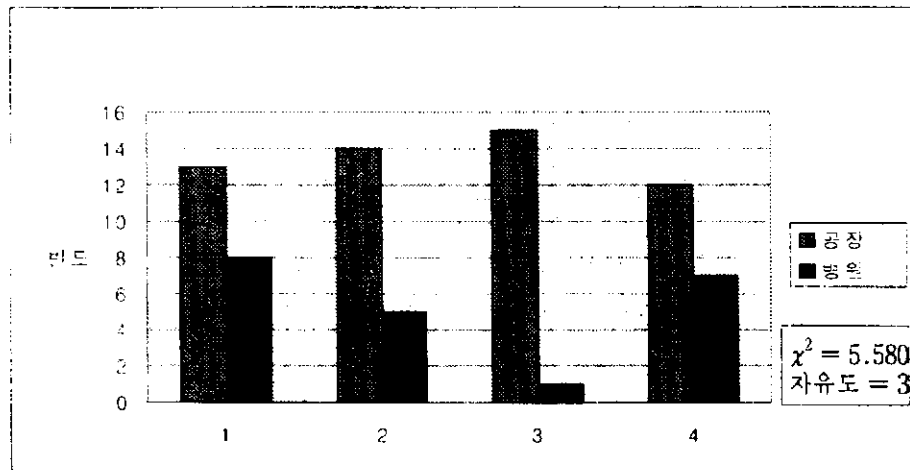


그림 3-20 빈도분포(문제7)

(8) 문8. 만약 귀하가 피로를 심하게 느낄때가 있다면 작업에 얼마나 영향을 준다고 생각하십니까?

- ①매우 많다
- ②조금 있다
- ③별로 영향이 없다
- ④잘 모르겠다

반응: 피로의 작업에 대한 영향의 물음에서 공장작업자들은 '매우 크다'고 답한 반면, 병원입원자들은 '조금있다'고 답하였다.

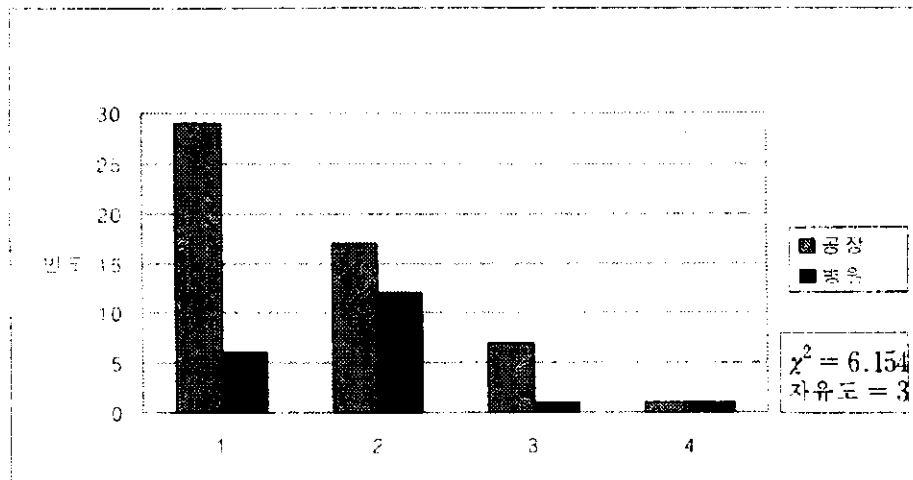


그림 3-21 빈도분포(문제8)

(9) 문10. 만약 귀하가 작업도중 다른생각을 하게된다면 그 내용은 주로 어떤것입니까?

- ①개인적인 사항
- ②직장내 인간관계
- ③작업량
- ④잘 모르겠다

반응: 작업중 다른생각의 내용에 대하여는 공장작업자들은 '개인적인 사항'이라고 답한 반면, 병원입원자들은 보기들 모두에 대하여 골고루 답하였다.

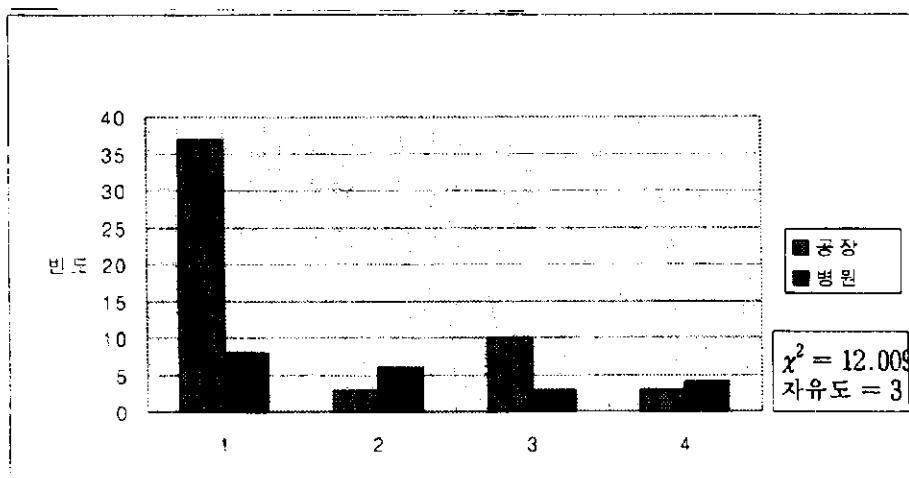


그림 3-22 빈도분포(문제10)

(10) 문16. 만약 귀하가 작업하는 프레스에 양수스위치에서 발스위치로 바꿀수 있는 기능이 있다면 작업도중 피로감을 심하게 느끼게되면 양수 조작에서 발스위치로 바꾸시겠습니까?

- ①당장 바꾸겠다
- ②그대로 양손으로 작동시키겠다
- ③처음부터 발스위치로 작동시키겠다
- ④잘 모르겠다

반응: 프레스 작업시, 양수스위치와 발스위치(페달)의 선호도에 대한 물음에서 공장작업자의 약 1/3은 '발스위치전환'을 하겠다고 한 반면 병원 입원자중에서는 한명도 발스위치로의 전환을 언급하지 않았다.

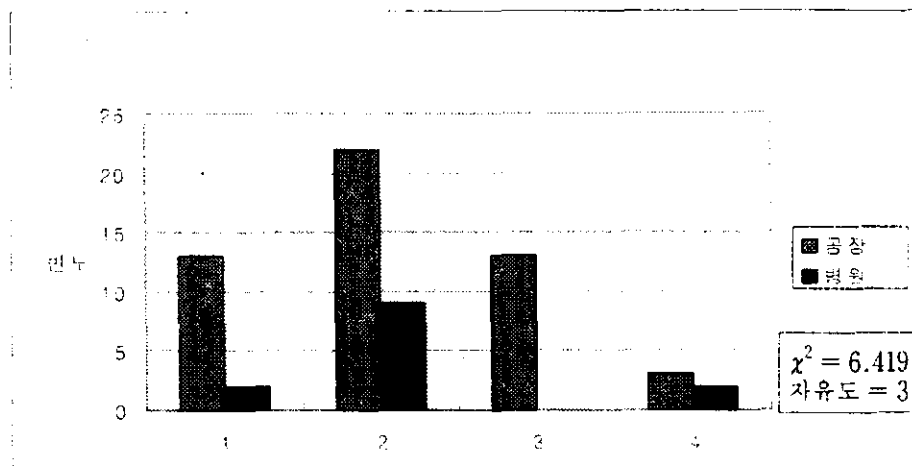


그림 3-23 빈도분포(문제16)

(11) 문17. 일반적으로 사람들은 센서식 안전장치를 사용하기를 꺼려합니다. 귀하는 다음중 센서를 사용하지 않는 가장 큰 이유는 무엇이라고 생각하십니까?

- ①작업자체에 부적합하다
- ②작업속도가 내려간다
- ③안전장치를 믿지못한다
- ④잘 모르겠다

반응: 프레스에서 광전자식 방호장치의 사용을 꺼리는 이유에 대하여는 공장작업자가 '작업자체에 부적합하다'라고 답변한 반면 병원입원자들은 보기들 모두

에 대하여 골고루 답하였다

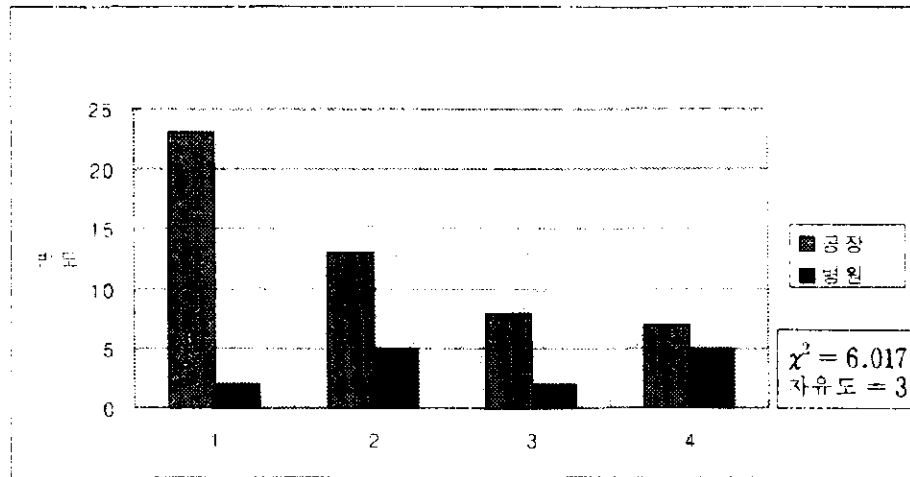


그림 3-24 빈도분포(문제17)

(12) 문20. 귀하는 작업장의 통풍구나 창문 또는 출입구 등을 통한 환기가 적당하다고 생각하십니까?

- ①적당하다
- ②적당하지 않다
- ③별로 영향이 없다
- ④잘 모르겠다

반응: 공장작업자와 병원입원자 모두 환기에 대해 '적당하지 않다'라고 응답하는 경향이 매우 많은 것으로 나타났다.

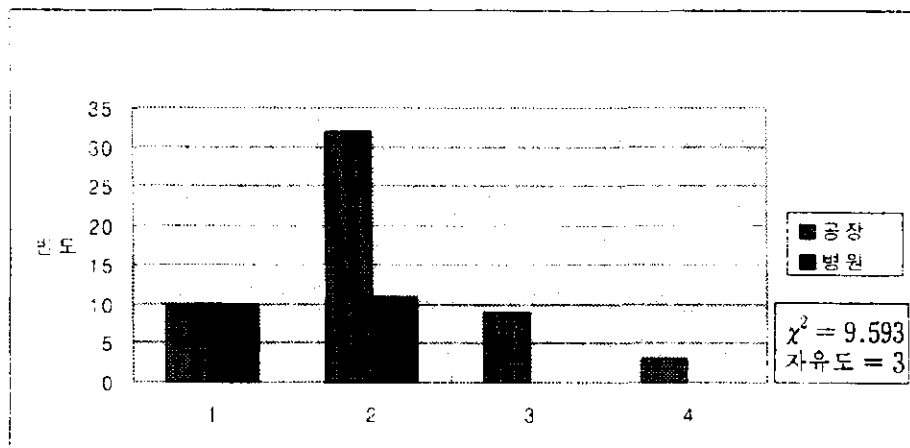


그림 3-25 빈도분포(문제20)

(13) 문21. 귀하는 공기속에 떠도는 먼지나 기타 기계적인 냄새 때문에 불편감을 느끼십니까?

- ① 많이 느낀다
- ② 보통이다
- ③ 별로 못느낀다
- ④ 잘 모르겠다

반응: 공장작업자의 경우는 절반이상이 먼지나 냄새를 '많이 느낀다'라고 응답하였고 병원입원자의 경우도 절반이상이 '많이 느낀다'라고 응답하였다.

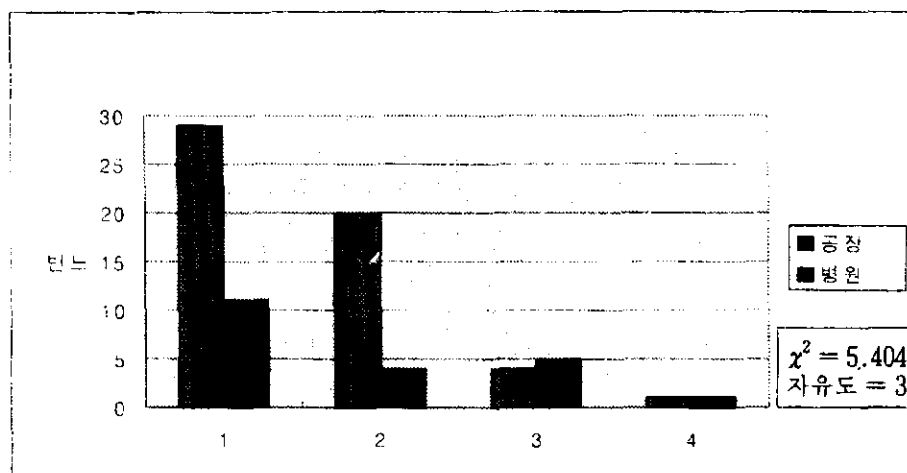


그림 3-26 빈도분포(문제21)

(14) 문22. 귀하는 프레스의 작업점에 조명이 충분하다고 생각하십니까?

- ① 매우 충분하다
- ② 보통이다
- ③ 어둡다고 느낀다
- ④ 잘 모르겠다

반응: 공장작업자의 경우는 작업점 조명에 대해 '보통이다'라고 응답하는 경향이 압도적으로 많았으며 병원입원자의 경우는 '매우 충분하다'라고 응답하는 경향이 큰 것으로 나타났다.

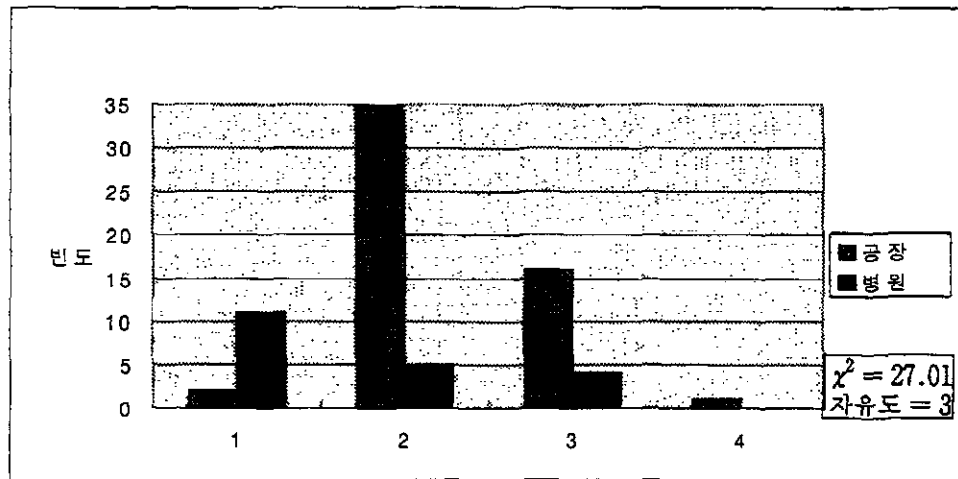


그림 3-27 빈도분포(문제22)

4. AHP를 이용한 위험기계사고의 원인분석 및 대책마련

재해를 당한 사고자 개인뿐만 아니라 해당 기업, 더 나아가서는 국민경제 전체에 중대한 피해를 가져올 수 있는 심각한 사회문제인 산업재해의 원인분석과 대책마련에 대한 기존의 연구는 사고현황에 대한 조사자료를 바탕으로 한 여러 가지 재해의 유형과 재해의 원인에 대한 통계적 처리가 대부분이었고 이러한 연구에서는 작업자들이 생각하는 보다 실질적인 재해원인들은 고려되지 않았다.

본 연구에서는 산업재해중에서도 가장 많은 재해를 유발하고 재해의 강도 또한 심각한 위험기계사고에 대해 기존의 사고자료를 바탕으로 하는 분석에 초점을 맞추기보다는 실제로 작업자들이 생각하는 위험기계의 위험요소들에 대한 조사를 통하여 사고의 원인을 분석하고, 이에 대한 대책을 마련하는데 초점을 맞추고 있다.

이러한 분석을 위하여 본 연구에서는 계층화 의사결정법(Analytic Hierarchy Process : AHP)을 이용하였다.

1971년 T. L. Saaty에 의해 개발된 AHP는 다수의 목적과 평가기준들을 고려하고, 또한 다수의 의사결정주체의 의견을 종합하여 최적의 대안을 선정할 수 있도록 하는 의사결정문제의 해결기법이다. AHP의 장점은 수치로 표현할 수 있는 정량적 요소들뿐만 아니라 수치로 표현될 수 없는 정성적 요소들도 쉽게 고려할 수 있으며, 의사결정자의 의사결정시 두 개의 요소들(평가기준 또는 대안) 사이의 중요도를 비교해나가는 쌍별비교방법을 이용하기 때문에 의사결정자가 판단을 편하게 할 수 있도록 해주며, 또한 쌍별비교시 발생할 수 있는 비일관성을 인정한다는 것이다[38].

AHP는 정성적인 데이터인 위험기계사고의 주요원인들에 대한 작업자들의 생각을 정량화 함으로써 주요원인들 사이의 가중치와 이에 대한 대책들 사이의 가중치를 산정할 수 있게 해주며, 또한 여러 작업자들의 의견을 종합하여 산업계 전반에 걸친 위험기계사고의 주요원인과 이에 대한 대책들의 분석을 가능하게 해준다.

따라서 AHP를 사용하는 목적은 각 회사가 자체적으로 회사내의 위험기계에 대한 사고유발가능성이 있는 원인을 진단하여 그에 대한 대책을 마련할 수 있는 객관적인 분석의 틀을 제공하는 것이며, 나아가서는 여러 회사의 분석결과를 종합하

여 산업계 전반에 걸친 위험기계에 대한 위험요소를 분석하고 시급한 대책을 마련하는 도구로 이용될 수 있을 것이다. 위험기계사고의 원인을 분석하고 이에 대한 대책을 마련하기 위한 AHP 기법의 적용과정은 다음과 같다.

먼저 위험기계사고의 원인과 대책에 대한 문헌조사와 공장을 방문하여 얻은 작업자와의 면담자료를 토대로 위험기계사고의 세부원인과 각 원인에 대한 대책들을 조사·분석하였으며, 이를 이용하여 계층구조를 구성하였다. 계층구조는 크게 본 연구의 목표, 위험기계사고의 세부원인, 각 원인에 대한 대책들로 3개의 계층으로 나누어 지는데, 각 세부원인들마다 대책들이 서로 다를 수 있다는 특징 때문에 본 연구에서는 기존의 AHP 계층구조와는 다른 형태의 계층구조가 필요하게 되었고, 이러한 계층구조하에서 가중치를 도출하는 새로운 방법이 필요하였는데 이를 위하여 본 연구에서는 보정가중치를 제안하였다.

다음으로는 위에서 제시된 분석방법이 실제 현장에서 얼마나 유용하게 적용될 수 있는가를 파악하기 위해 사례연구를 실시하였다. 기존의 AHP 계층구조의 경우 일반적으로 한 명의 의사결정자가 계층구조의 목표에 대한 기준간의 비교와 각 기준들간의 대안의 비교를 모두 행하는 것이 보통이나, 본 연구에서는 보다 전문적인 의사결정자의 견해를 수렴하기 위한 사고의 원인분석을 위해서는 실제 위험기계작업에 종사하는 작업자를 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 위험기계사고의 각 세부원인에 대한 대책들간의 중요도를 산정하기 위해서는 산업안전에 대한 전문가라고 할 수 있는 산업안전관리대행업체 직원들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 본 연구에서는 주요원인을 선정하기 위해 24개 중소기업체의 24명의 작업자들을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 각 세부원인에 대한 대책들간의 중요도는 그룹의사결정방법을 이용하여 41명의 산업안전관리대행업체 직원들의 설문조사결과를 도출하고 이를 본 연구에서 개발한 보정가중치 산정방법을 이용하여 분석한 결과를 사용하였다.

설문조사의 결과로는 24개 업체의 작업자들이 생각하는 위험기계사고의 주요원인들을 비슷한 유형별로 4개의 그룹으로 나누어 각 그룹이 선정한 주요원인과 이에 대한 시급한 대책들을 제시하였다.

4.1 계층화 의사결정법(AHP)

4.1.1 AHP의 개요

계층화 의사결정법(Analytic Hierarchy Process: AHP)은 1971년 T. L. Saaty에 의해 개발되었으며, 그 후 이 기법에 대한 이론과 응용분야의 연구가 계속 진행되어 오고 있다[38, 43].

의사결정문제의 목표는 다수의 목적, 기준들, 그리고 그 외의 중요한 여러 요인들을 고려하여 최적의 대안 또는 대안의 집합을 찾는 것이다. AHP는 의사결정문제를 계층적 또는 네트워크 구조로 표현하고, 이 구조에 대한 의사결정자의 판단에 근거한 대안들의 가중치 또는 우선순위를 구하는 다기준 의사결정 방법이다[37]. 이 기법은 의사결정자의 판단시 상위계층의 한 요소의 관점에서 직계 하위계층의 두 요소(또는 기준)들 사이의 쌍별비교를 통해서 요소들의 가중치를 도출해 낸다. 여러 개의 요소들을 한꺼번에 고려하여 각 요소들의 중요도(또는 가중치)를 구하는 것은 어렵기 때문에, 두 개의 요소들 사이의 쌍별비교를 통해 각 요소들의 중요도를 구하게 되는데 이것은 의사결정자가 판단을 보다 쉽고 편하게 할 수 있도록 해주기 위함이다.

또한, AHP는 의사결정자의 오랜 경험이나 직관 등을 평가의 바탕으로 하고 있기 때문에 수치로 표현될 수 있는 정량적 요소들뿐만 아니라 수치로 표현될 수 없는 정성적인 요소들도 쉽게 고려할 수 있으며, 의사결정자가 한 계층의 요소들에 대해 여러번에 걸친 쌍별비교를 할 때 발생할 수 있는 비일관성을 인정한다는 장점이 있다[41]. 이러한 장점들 때문에 AHP는 최근 실제 상황에 가장 많이 사용되는 의사결정기법들 중의 하나로 평가받고 있다[43].

4.1.2 AHP의 절차

의사결정문제의 해결에 AHP를 적용하기 위해서는 일반적으로 다음의 4단계를 거친다[38].

단계 1] 의사결정문제를 계층구조로 분해한다.

단계 2] 상위계층의 한 요소의 관점에서 직계 하위계층의 요소들을 대상으로 쌍별비교를 행한다.

단계 3] 쌍별비교를 통해 만들어진 쌍별비교 행렬(reciprocal matrix)로 부터 쌍별비교된 요소들의 상대적 중요도를 추정한다.

단계 4] 각 계층에서 추정된 요소들의 상대적 중요도를 종합하여 최하위 계층에 있는 대안들의 상대적 중요도를 구한다.

4.1.3 계층구조의 구성

의사결정문제를 계층구조로 분해하는 첫 번째 단계는 AHP의 적용절차중 가장 중요한 단계이다. 일반적으로 계층구조는 최상위 계층, 중간 계층, 최하위 계층으로 구성된다. 최상위 계층에는 의사결정문제의 목표가 놓여지며, 중간계층은 최상위 계층의 의사결정문제의 목표를 달성하기 위한 평가기준들로 구성되며, 최하위 계층은 의사결정의 대상인 대안들로 구성된다[36].

최상위 계층과 최하위 계층은 각각 한 단계로 이루어지나, 중간 계층은 여러 단계들로 이루어 질 수 있다. 중간 계층을 구성하는 기준들의 선정시에는 다음 사항을 고려해야 한다[38]. 첫 번째로, 사용되는 기준들은 서로 배타적이어야 한다. 즉, 기준들이 같은 의미를 내포하고 있어서는 안된다. 두 번째로, 최상위 계층의 목표와 관련된 모든 기준들이 고려되어야 한다. 마지막으로, 한 계층에 포함된 평가기준들의 수가 많으면 의사결정자가 여러번의 쌍별비교 수행시에 혼란스러울 수 있으므로 가능한 한 평가기준들의 수가 적어야 한다.

계층구조의 일반적인 형태는 다음의 그림 4-1과 같다.

4.1.4 평가기준간의 쌍별비교

쌍별비교는 어떤 계층에 있는 한 기준이나 요소의 관점에서 그 기준의 직계 하위계층에 있는 기준들의 상대적 중요도(또는 가중치)를 평가하기 위해 하위계층의 기준들을 2개씩 비교하는 것이다.

AHP 적용절차의 두 번째 단계는 이러한 쌍별비교를 통해 쌍별비교행렬을 구하는 단계이다. 예를 들어, 어떤 계층의 비교기준을 $C_1, C_2, \dots, C_n$ 라 하고, C_i 에 비해 C_j 의 중요한 정도를 a_{ij} 라고 할 때, n 개의 기준들간의 쌍별비교의 결과는 다음과 같은 $n \times n$ 의 쌍별비교행렬로 표현될 수 있다.

$$A = (a_{ij}) \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

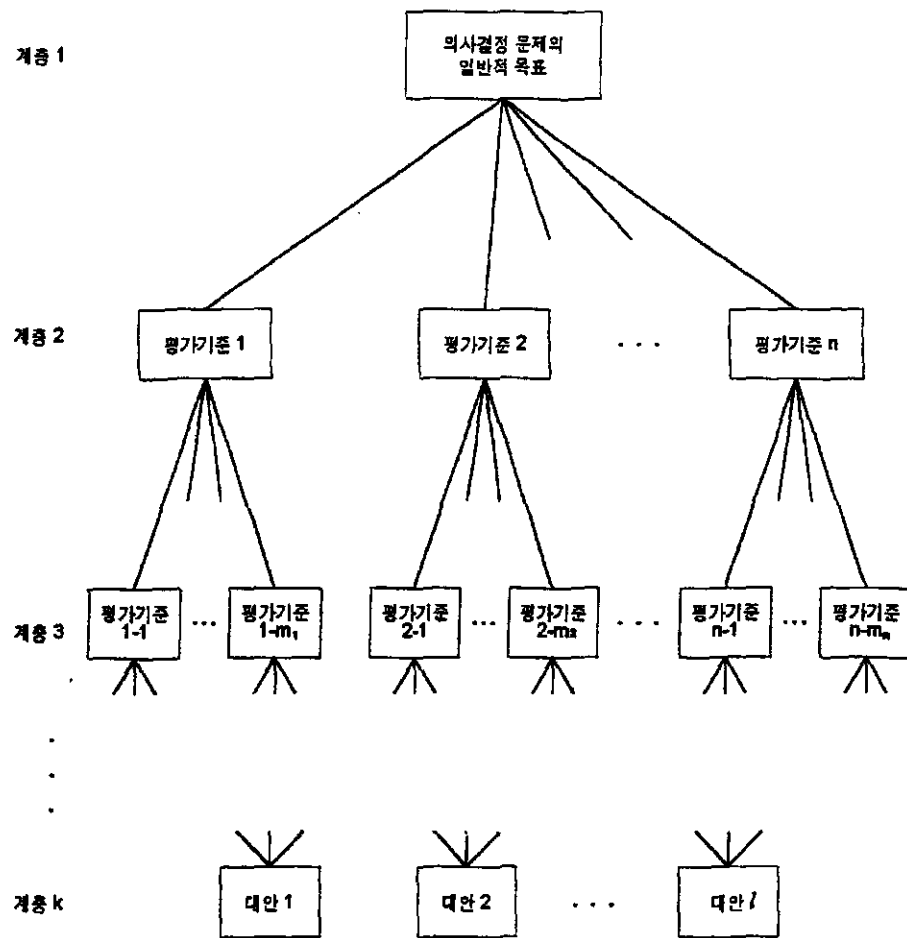


그림 4-1 k개의 계층을 갖는 일반적인 계층구조

이때 a_{ij} 는 다음의 규칙을 따른다[38].

규칙 1] $a_{ij} = \beta$ 이면 $a_{ji} = 1/\beta$, 단 $\beta \neq 0$.

규칙 2] C_i 와 C_j 가 똑같은 중요도를 갖는다면

$a_{ij} = a_{ji} = 1$ 이다. 특히 모든 i 에 대해 $a_{ii} = 1$ 이 된다.

따라서, 위의 행렬 A 는 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

의사결정자의 평가기준들간 쌍별비교시 평가척도로는 Saaty가 제안한 9점척도가 많이 사용된다. 9점척도의 내용은 다음과 같다[38].

표 4-1 Saaty의 9점척도의 내용

중요도	정의
1	동일한 중요도(Equal Importance)
3	약간 더 중요(Weak Importance)
5	중요(Strong Importance)
7	매우 중요(Very Strong Importance)
9	절대 중요(Absolute Importance)
2, 4, 6, 8	위의 중요도의 중간 정도의 중요도
역수	a_{ij} 가 위의 값들을 가질 때의 a_{ji}

4.1.5 가중치의 추정

AHP 적용절차의 세 번째 단계는 두 번째 단계에서 얻어진 쌍별비교행렬로부터 각 기준들간의 상대적 중요도(또는 가중치)를 추정하는 단계이다. 즉, 이 단계에서는 쌍별비교행렬로부터 평가기준 $C_1, C_2, \dots, C_n$ 의 중요도를 나타내는 $w_1, w_2, \dots, w_n$ 을 추정한다. 가중치를 추정하는 방법에는 Saaty가 제안한 고유치 방법(eigenvalue method)과 대수최소자승법(logarithmic least square method)이 있다.

(1) 고유치 방법

고유치 방법은 다음 식으로 부터 구할 수 있다.

$$Aw = \lambda w \quad (4.1)$$

이때 λ 는 행렬 A 의 고유치이며, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 는 고유벡터로서 각 기준들 $C_1, C_2, \dots, C_n$ 의 가중치를 의미한다.

식 4.1을 풀기 위해서는 다음 식이 만족되어야 한다.

$$|A - \lambda I| = 0 \quad (4.2)$$

식 4.2에서 A 가 n 차 행렬인 경우 n 개의 λ 값, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 이 존재하며, 또한 모든 i 에 대해 $a_{ii} = 1$ 이면

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = n$$

이 성립한다. 그리고 n 개의 λ 값 중에서 가장 큰 λ 값을 $\lambda_{\max}$ 라 할 때, 판단의 일관성이 완벽한 경우 $\lambda_{\max} = n$ 이 되고 나머지 λ_i 값들은 모두 0이 된다.

따라서, 쌍별비교행렬 A 의 일관성이 완벽한 경우

$$Aw = nw \quad (4.3)$$

이 성립하게 된다.

여기서 판단의 일관성이 완벽하다는 의미는 예를 들어, C_1, C_2, C_3 의 3개의 평가기준이 있다고 할 때, C_1 대 C_2 를 2 : 1, C_1 대 C_3 를 4 : 1이라고 평가했을 때 C_2 대 C_3 를 2 : 1이라고 평가하는 경우를 말한다.

그러나 대부분의 의사결정문제에서 a_{ij} 의 값은 평가자의 주관적 판단에 의해 결정되므로 판단의 일관성을 보장할 수 없다. 이러한 경우 쌍별비교행렬 A 의 성분 a_{ij} 의 값들이 일관성을 크게 벗어나지 않는 한 $\lambda_{\max}$ 가 n 에 가까운 값을 갖는다는 성질을 이용하여

$$Aw = \lambda_{\max} w \quad (4.4)$$

로부터 가중치 벡터 w 를 추정할 수 있다[38]. 가중치 벡터 w 가 구해지면 w 의 각각의 성분을 $\sum w_i$ 로 나누어줌으로써 정규화된 가중치를 얻을 수 있다.

이러한 고유치 방법은 쌍별비교행렬의 일관성을 측정할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 즉, 한 계층에 속해 있는 여러 평가기준들 사이의 쌍별비교의 결과가 얼마나 일관성이 있는지를 측정할 수 있다. 이러한 일관성을 측정하기 위해 Saaty는 $\lambda_{\max}$ 의 값은 항상 n 보다 크거나 같고, $\lambda_{\max}$ 의 값이 n 에 근접할수록 쌍별비교행렬이 보다 일관성을 갖는다는 특성을 이용하여 다음과 같은 일관성 측정법을 개발하였다.

$$\text{일관성 비율(Consistency Ratio : CR)} = \text{CI} / \text{RI} \quad (4.5)$$

여기서 CI는 일관성 지수(consistency index)로서 다음의 식 4.6에 의해 구할 수 있으며, RI는 Random Index의 약자로서 다음의 표 4-2에서와 같이 평가기준의 개수 n 에 따라 다르게 나타난다[38].

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.6)$$

표 4-2 n 의 개수에 따른 RI의 값

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

위의 RI 값들은 1부터 9까지의 숫자를 무작위로 뽑아 수백 개의 행렬을 만들고 이로부터 CI 값들을 계산하여 평균한 값들이다. 일관성이 완벽한 경우에 $\lambda_{\max} = n$ 이 되므로 $CI = 0$ 이 되고, 따라서 $CR = 0$ 이 된다. 그러나 의사결정시 인간의 판단력에는 한계가 있기 때문에 일반적으로 $CR > 0$ 이 된다. Saaty는 경험적으로 볼 때 $CR \leq 0.1$ 인 경우 판단에 일관성이 있다고 간주하였다[38].

(2) 대수최소자승법

고유치 방법은 일관성을 측정할 수 있다는 장점이 있는 반면에 계산절차가 복잡하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위한 방법이 대수최소자승법으로 이 방법은 고유치 방법과는 반대로 계산절차는 쉬운 반면 일관성을 측정할 수 없다는 단점을 가지고 있다[28].

일관성이 완벽한 경우 고유치 방법과 대수최소자승법은 동일한 결과를 산출한다[26].

e_{ij} 를 주관적인 판단으로 인한 오차라 할 때

$$a_{ij} = (w_i/w_j) \cdot e_{ij} \quad (4.7)$$

라 할 수 있다. 대수최소자승법은 위의 4.7식에서 e_{ij} 를 최소화하는, 즉,

$$\sum \sum [\ln a_{ij} - (\ln w_i - \ln w_j)]^2 \quad (4.8)$$

을 최소화하는 w 를 구하도록 한다.

따라서 w 는 다음 식에 의해 얻어질 수 있다.

$$w_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}^{\frac{1}{n}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.9)$$

4.1.6 대안의 최종가중치의 계산

AHP 적용절차의 마지막 단계는 최하위 계층에 있는 대안들의 최종가중치(또는 우선순위)를 구하기 위해 각 계층에서 구해진 기준들의 상대적 중요도를 종합하는 단계이다.

대안 i 의 최종가중치는 다음 식으로 부터 구할 수 있다[38].

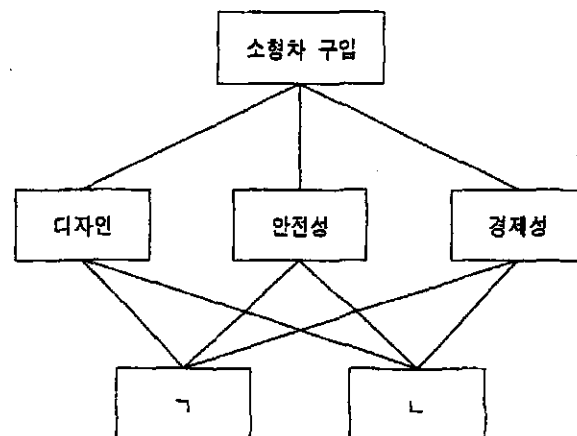
$$x_i = \sum_j C_j a_j^i, \quad i = 1, 2, \dots, \quad j = 1, 2, \dots \quad (4.10)$$

이때 C_j 는 j 번째 평가기준의 가중치를, a_j^i 는 평가기준 j 에 대한 i 번째 대안의 가중치를 의미한다.

4.1.7 고유치방법을 이용한 계산예

차가 한 대 필요해서 소형차를 구입하려 한다. 어떠한 차를 선택할 것인가를 여러 가지 기준을 놓고 고민하던 중 계층화 의사결정법을 이용해서 이 문제를 해결하기로 했다. 구체적인 분석과정을 이 예를 통하여 보이고자 한다.

먼저 계층화 의사결정법을 이용하기 위해서는 의사결정 계층도가 필요하다. 의사결정 계층도의 목표는 “소형차의 구입”으로 결정했고, 대안으로는 현재 가장 인기있는 소형차인 A사의 7과 B사에서 최근에 출시한 L으로 결정했다. 그리고 이들을 평가하기 위한 기준으로는 크게 디자인, 안전성, 경제성으로 결정했고 의사결정 계층도는 다음과 같다.



“소형차 구입”이라는 목표의 관점에서 볼 때 디자인, 안전성, 경제성의 3개 기준들 사이의 쌍별비교행렬은 다음과 같다.

소형차 구입	디자인	안전성	경제성
디자인	1	2	4
안전성	1/2	1	2
경제성	1/4	1/2	1

“디자인”, “안전성”, “경제성”의 관점에서 볼 때의 2개 소형차량 사이의 쌍별비교행렬은 다음과 같다.

디자인	ㄱ	ㄴ
ㄱ	1	1/4
ㄴ	4	1

안전성	ㄱ	ㄴ
ㄱ	1	4
ㄴ	1/4	1

경제성	ㄱ	ㄴ
ㄱ	1	1/3
ㄴ	3	1

각 기준과 대안들의 가중치를 구하는 과정은 다음과 같다.

(1) 목표인 “소형차 구입”에 대한 각 기준들의 가중치

$$|A - \lambda I| = 0$$

$$A - \lambda I = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \lambda & & \\ & \lambda & \\ & & \lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-\lambda & 2 & 4 \\ \frac{1}{2} & 1-\lambda & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1-\lambda \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} |A - \lambda I| &= (1-\lambda)^3 + 1 + 1 - (1-\lambda) - (1-\lambda) - (1-\lambda) \\ &= -\lambda^2(\lambda - 3) = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore \lambda_{\max} = 3$$

이때 w 를 각 기준들의 가중치 행렬이라 하면

$$Aw = \lambda_{\max} w$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 \\ \frac{1}{2} & 1 & 2 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_{\text{디자인}} \\ w_{\text{안전성}} \\ w_{\text{경제성}} \end{pmatrix} = 3 \begin{pmatrix} w_{\text{디자인}} \\ w_{\text{안전성}} \\ w_{\text{경제성}} \end{pmatrix}$$

$$w_{\text{디자인}} + 2w_{\text{안전성}} + 4w_{\text{경제성}} = 3w_{\text{디자인}}$$

$$\frac{1}{2} w_{\text{디자인}} + w_{\text{안전성}} + 2w_{\text{경제성}} = 3w_{\text{안전성}}$$

$$\frac{1}{4} w_{\text{디자인}} + \frac{1}{2} w_{\text{안전성}} + w_{\text{경제성}} = 3w_{\text{경제성}}$$

이를 풀면

$$w_{\text{디자인}} = 2w_{\text{안전성}}$$

$$w_{\text{디자인}} = 4w_{\text{경제성}}$$

$$\sum w_i = 1 \text{이므로}$$

$$\begin{pmatrix} w_{\text{디자인}} \\ w_{\text{안전성}} \\ w_{\text{경제성}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{4}{7} \\ \frac{2}{7} \\ \frac{1}{7} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.5714 \\ 0.2857 \\ 0.1429 \end{pmatrix}$$

$$C.R(\text{일관성비율}) = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \cdot \frac{1}{R.I.} = \frac{3 - 3}{3 - 1} \cdot \frac{1}{0.58} = 0$$

(2) 기준 “디자인”에 대한 각 대안의 가중치

$$|A - \lambda I| = 0$$

$$A - \lambda I = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{4} \\ 4 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \lambda & \\ & \lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \lambda & \frac{1}{4} \\ 4 & 1 - \lambda \end{pmatrix}$$

$$|A - \lambda I| = (1 - \lambda)^2 - 1 = \lambda(\lambda - 2) = 0$$

$$\therefore \lambda_{\max} = 2$$

이때 w 를 각 대안들의 가중치 행렬이라 하면

$$Aw = \lambda_{\max} w$$

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{4} \\ 4 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_{\top} \\ w_{\perp} \end{pmatrix} = 2 \begin{pmatrix} w_{\top} \\ w_{\perp} \end{pmatrix}$$

$$w_{\top} + \frac{1}{4} w_{\perp} = 2w_{\top}$$

$$4w_{\top} + w_{\perp} = 2w_{\perp}$$

를 풀면

$$w_{\top} = \frac{1}{4} w_{\perp}$$

$$\sum w_i = 1 \text{이므로}$$

$$\begin{pmatrix} w_{\neg} \\ w_{\neg} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.2 \\ 0.8 \end{pmatrix}$$

$n = 2$ 이므로 $CR = 0$

- (3) 기준 “안전성”에 대한 각 대안의 가중치
위와 같은 방법으로

$$\begin{pmatrix} w_{\neg} \\ w_{\neg} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.2 \end{pmatrix}$$

$n = 2$ 이므로 $CR = 0$

- (4) 기준 “경제성”에 대한 각 대안의 가중치
위와 같은 방법으로

$$\begin{pmatrix} w_{\neg} \\ w_{\neg} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.6 \end{pmatrix}$$

$n = 2$ 이므로 $CR = 0$

위에서 구한 기준들과 대안들의 가중치를 이용해서 각 대안들의 종합가중치를 구하면

- (5) “ $\neg$ ”의 종합가중치

$$\begin{aligned} &= w_{\neg} \times w_{\text{디자인}} + w_{\neg} \times w_{\text{안전성}} + w_{\neg} \times w_{\text{경제성}} \\ &= 0.2 \times 0.5714 + 0.8 \times 0.2857 + 0.4 \times 0.1429 = 0.4 \end{aligned}$$

- (6) “ $\neg$ ”의 종합가중치

$$\begin{aligned} &= w_{\neg} \times w_{\text{디자인}} + w_{\neg} \times w_{\text{안전성}} + w_{\neg} \times w_{\text{경제성}} \\ &= 0.8 \times 0.5714 + 0.2 \times 0.2857 + 0.6 \times 0.1429 = 0.6 \end{aligned}$$

계층화 의사결정법을 이용하여 분석한 결과 3가지 기준에서 볼 때 “ $\neg$ ”에 비해 “ $\neg$ ”을 선호하고 있다는 것이 나타났다.

4.1.8 그룹의사결정

AHP에서의 그룹의사결정방법은 일반적인 의사결정문제가 갖는 전문가들의 의견종합과정을 보다 쉽게 해결해 준다. AHP에서 사용하는 그룹의사결정 방법에는 크게 2가지가 있다.

첫 번째 방법은 각 의사결정자가 평가한 쌍별비교 행렬에서 동일성분의 값을 기하평균하여 얻어진 값으로 새로운 종합행렬(combined matrix)을 만들고, 이 행렬로부터 고유치방법을 이용하여 평가요소의 가중치를 계산하는 방법이다.

두 번째 방법은 각 의사결정자가 평가한 쌍별비교 행렬로부터 고유치방법을 이용하여 가중치를 계산하고 이를 산술평균하는 방법이다.

두 방법중 어떠한 방법이 보다 바람직한가에 대한 연구에서 두 방법은 거의 비슷한 결과를 보이고 있는 것으로 나타났다. 따라서 위의 두 방법은 모두 그룹의사결정의 의견종합방법으로 유용하게 사용될 수 있는 것이다[2].

4.2 AHP를 이용한 위험기계사고의 분석과정

4.2.1 AHP적용을 위한 새로운 계층구조의 제안

AHP를 이용한 위험기계사고의 원인분석과 대책마련에서 계층구조는 다음과 같이 구성된다.

- 최상위 계층(목표) - 위험기계사고의 원인분석 및 대책마련
- 중간 계층(평가기준) - 위험기계사고의 세부원인
- 최하위 계층(대안) - 위험기계사고의 원인별 대책

이러한 계층구조가 기존의 계층구조와 다른점은 기존의 AHP의 계층구조는 각각의 최종평가기준에 모든 대안들이 속하고 대안의 가중치 산정시 각각의 평가기준들에 대해 모든 대안들이 쌍별비교되나, 위험기계사고의 원인분석과 대책마련에 AHP를 적용할 때에는 각각의 최종평가기준에 모든 대안들이 속하지 않는다는 점이다. 즉, 각각의 최종평가기준들에는 공통된 대안들이 속할 수도 있고 또한 서로 다른 별개의 대안들이 속할 수도 있다. 이러한 이유는 위험기계사고의 각각의 최종원인들은 다른 최종원인들과 공통된 대책들을 포함할 수도 있고, 서로 다른 대책들을 포함할 수도 있기 때문이다. 다음의 그림 4-2는 위험기계사고에 AHP를 적용하기 위한 계층구조이다.

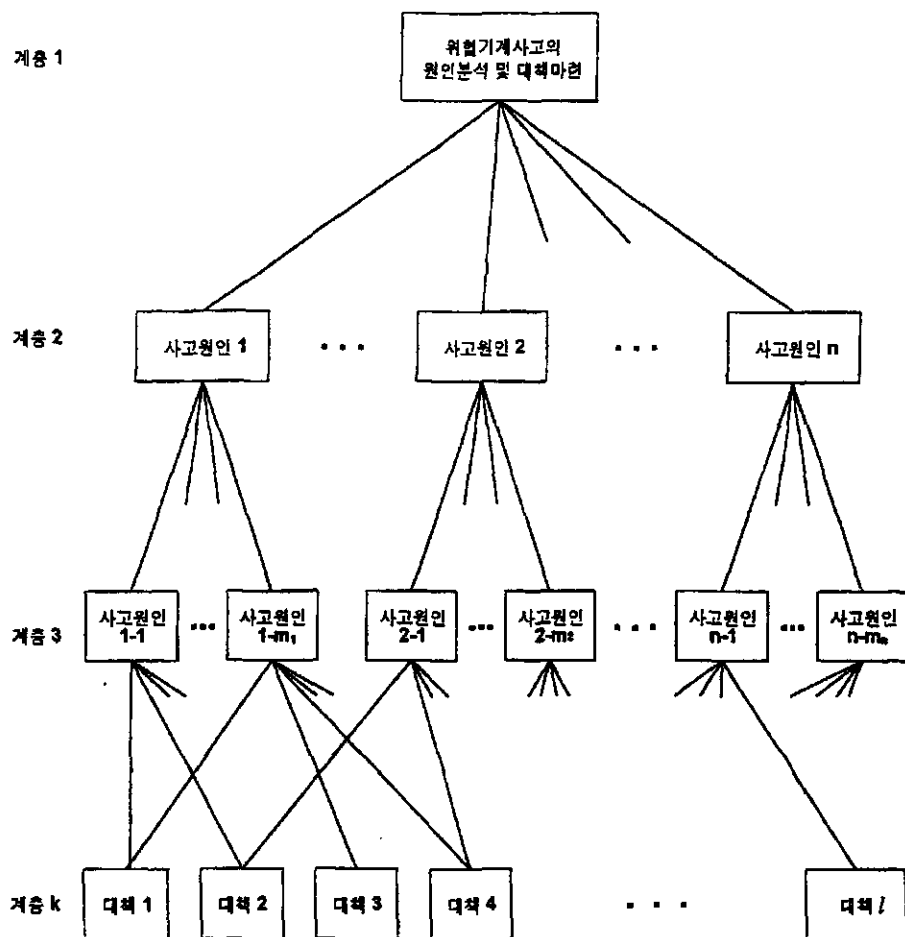


그림 4-2 AHP의 적용을 위해 수정된 계층구조

4.2.2 보정가중치

(1) 기존방법의 적용시의 문제점

본 연구의 계층구조는 중간계층과 최하위계층사이의 관계가 기존의 AHP의 계층구조와는 다르기 때문에 위험기계사고의 각 최종세부원인들에 대한 대책들간의 가중치를 기존의 쌍별비교와 고유치방법을 이용하여 추정하는 데에는 다음과 같은 문제점이 발생한다. 즉, 아무리 높은 가중치를 갖는 중요한 사고원인에 대한 대책이라도 대책들의 수가 많으면 그들의 평균가중치는 다른 사고원인의 대책들의 평균가중치에 비해 자연히 낮아지게 된다. 이는 고려되는 대책들의 수에 따라 대책들의 가중치가 크게 영향을 받게 됨을 의미한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 위험기계사고의 최종원인들에 대한 대책들간의 가중치를 산정하는 방법으로 보정가중치의 이용을 제안하였다.

(2) 보정가중치

보정가중치는 하나의 원인에 대한 여러 대책들에 대해 쌍별비교와 고유치방법을 이용하여 대책들의 가중치를 산정한 후, 이들 중 가장 높은 가중치를 갖는 대책(가장 중요한 대책)에 가중치 1을 부여하고 나머지 대책들의 가중치를 가장 높은 가중치를 갖는 대책의 가중치의 증가율만큼 증가시키는 보정과정을 거쳐 얻어지는 가중치를 말한다.

각 세부원인들의 하위 대책들간의 보정가중치를 산정하는 과정은 다음과 같다.

- 1) 쌍별비교와 고유치방법을 이용하여 각 원인들에 대한 하위 대책들간의 가중치를 산정한다.
- 2) n 번째 원인에 대한 대책들이 k 개가 있고, n 번째 원인의 하위대책들에 대한 1)에서 구한 가중치 행렬을 $P_n = (p_1, \dots, p_k)$ 이라 하고, $p_1, \dots, p_k$ 중에서 가장 큰 가중치를 $p_{\max}$ 라 할 때

$$p'_i = p_i / p_{\max} \quad i = 1, \dots, k$$

이때 p'_i : i 번째 대책의 보정가중치

p_i : i 번째 대책의 1)에서 구한 가중치이다.

이러한 보정가중치를 이용하면 각 세부원인들에 대해 가장 우선되어야 할 대책의 가중치가 1이 되며, 이에 비해 비교적 중요도가 떨어지는 가중치는 0에서 1사이의 값을 갖게 된다. 따라서 하나의 원인에 대한 대책들간의 중요도가 대책들의 개수에 의해 받게 되는 영향을 줄일 수 있으며, 중요하게 평가된 세부원인의 대책들은 그 개수에 관계없이 시급한 대책으로 선정될 것이다.

4.2.3 계층구조의 구성

4.2.3.1 목표의 결정

계층구조화 하려는 의사결정문제의 목표를 결정하는 단계로 결정된 목표는 계층구조의 최상위 계층에 위치하게 된다. 본 연구에서의 목표는 “위험기계사고의 원인분석을 통한 대책 마련”이다.

4.2.3.2 위험기계사고의 세부원인의 결정(I : 인간, 작업)

여러 제조업체의 방문 및 설문조사와 문헌조사를 거친 후 재해의 원인을 아래와 같이 세부항목으로 구분하였다[6, 8, 13].

재해의 원인은 총 3단계로 세분화되었으며, 첫 번째 단계에는 4개의 세부원인이, 두 번째 단계에는 13개의 세부원인이, 마지막 단계에는 42개의 세부원인이 존재한다. 첫 번째 단계에서는 재해의 원인을 크게 인간적인 측면에서의 원인, 기계적인 측면에서의 원인, 작업적인 측면에서의 원인, 관리적인 측면에서의 원인 등 4개의 범주로 구분하였다. 이에 대한 세부원인들의 내용은 다음과 같다.

(1) 인간적인 측면

인간적인 측면에서 볼 때 이에 대한 세부원인들로는 심리적 원인, 생리적 원인, 직장내 원인 등이 있다.

① 심리적 원인

심리적 원인은 인간의 정신적인 측면으로 부터 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 작업중 다른 생각, 무의식적인 착각, 의도적인 생략행위, 작업의 단조로움으로 인한 지루함 등이 있다.

② 생리적 원인

생리적 원인은 인간의 육체적인 측면으로부터 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 피로, 질병, 불완전한 신체기능 등이 있다.

③ 직장내 원인

직장내 원인은 직장 내에서 발생할 수 있는 갈등상황으로 부터 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 원만치 못한 인간관계, 원활한 의사소통의 부재 등이 있다. 원만치 못한 인간관계는 대인관계의 갈등상황으로 부터 기인하는 원인을 의미하며, 원활한 의사소통의 부재는 관리자와 작업자간에 또는 작업자 상호간에 의사전달이 충분하지 못해 발생하는 원인을 의미한다.

(2) 작업적인 측면

작업의 측면에서 볼 때 이에 대한 세부원인들로는 작업자세/동작의 결함, 과도한 작업량, 작업환경의 불량 등이 있다.

① 작업자세/동작의 결함

작업자세/동작의 결함은 작업의 자세나 동작이 부적절한 데서 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 동시작업으로 인한 부주의, 필요시 동력 미차단, 잘못된 작업점への 접근, 과도한 힘의 사용 등이 있다.

동시작업으로 인한 부주의는 한 작업자가 여러 기계나 작업을 담당하거나 여러 명의 작업자가 하나의 기계나 작업을 담당하는 데에서 기인하는 원인이고, 필요시 동력 미차단은 예를 들어 프레스의 금형 교체시 동력을 차단하지 않는 등의 동력의 차단이 필요한 경우에 이를 차단하지 않는 데에서 기인하는 원인이다. 잘못된 작업점への 접근은 기계작업이 이루어지고 있는 작업점에 손이 자주 가는 데에서 기인하는 원인이고, 과도한 힘의 사용은 팔이나 허리등이 손상을 입을 정도로 무리하게 힘을 사용하는데 에서 기인하는 원인이다.

② 과도한 작업량

과도한 작업량에 대한 세부원인들로는 라인의 불균형으로 인한 작업량 증가, 과도한 주문으로 인한 작업량 증가 등이 있다.

라인의 불균형으로 인한 작업량 증가는 라인작업시 병목현상이 발생하는 작업의 작업자가 생산성을 높이려고 무리하게 작업을 하는데 에서 기인하는 원인이고, 과도한 주문으로 인한 작업량 증가는 주문이 많아 작업량이 증가하는 경우 무리하게 작업을 하는데 에서 기인하는 원인이다.

③ 작업환경의 불량

작업환경의 불량에 대한 세부원인들로는 부적절한 소음, 부적절한 조명, 부적절한 환기, 부적절한 온도, 화재/감전의 위험, 작업공간의 정리/정돈의 미 실시 등이 있다.

4.2.3.3 위험기계사고의 세부원인의 결정(II: 기계, 관리)

(1) 기계적인 측면

기계적인 측면에서 볼 때 이에 대한 세부원인들로는 기계/설비의 결함, 기계/설비의 자동화미비, 방호장비의 불량 및 부재, 설비매치의 결함, 설비/방호장비의 점검과 정비불량 등이 있다.

① 기계/설비의 결함

기계/설비의 결함은 기계나 설비 자체의 문제로부터 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 부적절한 기계/설비의 구조, 부적절한 제어판, 기계 고장, 적

절한 수공구의 미사용, 안전장치의 부재/미사용 등이 있다.

부적절한 기계/설비의 구조는 예를 들어 페달의 위치가 부적절하거나 작업대가 너무 높거나 낮아 작업하기 불편한 경우 등을 의미하며, 부적절한 제어판은 제어판에서 스위치나 버튼의 부적절한 색깔이나 위치 때문에 이들을 구분하기가 힘든 경우를 의미한다. 기계고장은 예를 들어 프레스에서 순간적으로 램이 하강하는 등의 순간적인 기계의 고장에서 기인하는 원인을 의미하며, 적절한 수공구의 미사용은 집게나 공기분사기 등의 수공구를 사용하지 않는데서 기인하는 원인을 의미한다. 안전장치의 부재/미사용은 양수조작식이나 손쳐내기식 등의 안전장치를 사용하지 않는데서 기인하는 원인을 의미한다.

② 기계/설비의 자동화미비

기계/설비의 자동화미비는 기계나 설비를 자동화하지 않는데서 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 자재운송수단의 자동화미비, 기계작업의 자동화미비 등이 있다.

③ 방호장비의 불량 및 부재

방호장비의 불량 및 부재는 보호구나 작업복을 사용하지 않거나 이들의 결합으로부터 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 보호구/작업복의 불량, 보호구/작업복의 미지급, 작업불편으로 인한 안전장치/방호장비의 제거 등이 있다.

보호구/작업복의 불량이나 미지급은 장갑이나 작업복 등의 결합이나 이들을 지급하지 않는데서 기인하는 원인이고, 작업불편으로 인한 안전장치/방호장비의 제거는 안전장치나 방호장비를 사용하면 작업이 불편하여 생산성이 떨어진다는 등의 이유로 이들을 사용하지 않는데서 기인하는 원인을 의미한다.

④ 설비배치의 결함

설비배치의 결함은 설비의 배치가 부적절하여 작업이나 자재의 운반이 불편한데서 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 부적절한 자재/제품의 적재위치, 적절한 작업/이동공간의 미확보 등이 있다.

⑤ 설비/방호장비의 점검과 정비불량

설비/방호장비의 점검과 정비불량은 설비나 방호장비 등을 정기적으로 점검하지 않거나 이들의 정비가 적절히 이루어지지 않는데서 기인하는 원인으로 이에 대한 세부원인들로는 수공구의 부적절한 유지보수, 보호구/작업복에 대한 점검의 미비, 기계/설비의 점검의 미비, 안전장치의 점검의 미비 등이 있다.

(2) 관리적인 측면

관리적인 측면에서 볼 때 이에 대한 세부원인들로는 안전관리의 부재, 인사관리의 부재 등이 있다.

① 안전관리의 부재

안전관리의 부재에 대한 세부원인들로는 안전관리조직/규정의 불비, 안전교육의 미 실시 등이 있다.

② 인사관리의 부재

인사관리의 부재에 대한 세부원인들로는 적성배치 부적절, 작업자의 건강관리제도의 불비, 부하에 대한 지도/감독의 부족 등이 있다.

4.2.3.4 위험기계사고의 세부원인별 대책의 결정

위험기계사고의 원인별 대책도 이전의 위험기계사고의 원인을 분석할 때와 마찬가지로 여러 제조업체를 방문·조사한 결과와 문헌조사, 그리고 한국산업안전공단의 여러 자료를 참고하여 결정하였다[6, 7, 12, 13, 18, 27, 30].

총 42개의 세부원인에 대한 대책들은 다음과 같다.

(1) 작업중 다른생각

- ① 개인적 고민을 들어줄 수 있는 카운셀러를 양성 또는 채용한다.
- ② 지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지시킨다. 또한 교육을 통하여 개인의 신체보호는 개인이 책임진다는 분위기를 조장하며, 안전장치를 절대적으로 신임하지 않도록 주의시킨다.

(2) 무의식적인 착각

- ① 지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지시킨다. 또한 교육을 통하여 개인의 신체보호는 개인이 책임진다는 분위기를 조장하며, 안전장치를 절대적으로 신임하지 않도록 주의시킨다.

(3) 의도적인 생략행위

- ① 작업을 표준화시키고 이를 작업자들에게 철저히 교육시킨다.
- ② 생산성보다는 안전의 중요성을 작업자들에게 주지시킨다. 즉, 작업자들에게 안전을 염두에 두지 않고 무리하게 높은 생산성을 요구하지 않는다.
- ③ 지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지시킨다. 또한 교육을 통하여 개인의 신체보호는 개인이 책임진다는 분위기를 조장하며, 안전장치를 절대적으로 신임하지 않도록 주의시킨다.

(4) 작업의 단조로움으로 인한 지루함

- ① 정기적인 작업의 변경을 통해 단순·반복작업으로 부터 발생하는 지루함을 덜고 작업에 활력을 준다. 단, 작업의 변경이 너무 잦아서는 안된다.
- ② 지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지시킨다. 또한 교육을 통하여 개인의 신체보호는 개인이 책임진다는 분위기를 조장하며, 안전장치를 절대적으로 신임하지 않도록 주의시킨다.
- ③ 가능하다면 작업자가 작업시 서거나 앉는 것을 선택할 수 있도록 한다.
참고적으로 앉아서 하는 작업과 서서하는 작업은 인간공학적으로 다음의 경우에 권장된다.

표 4-3 작업자세의 인간공학적 특성

앉아서 하는 작업	서서하는 작업
*정밀한 작업시 *지속적이고 간단한 수작업 *오랫동안 집중하면서 눈과 작업점이 가까울 때 *머리와 천정사이의 공간이 적을 때 *작업점의 높이가 낮을 때 *지속적인 Foot Control(발을 이용한 작업의 통제)가 필요한 경우 *하루에 오랫동안 서서 작업해야 할 때	*무겁거나 큰 자재(재료)의 취급시 *작업장으로부터 잦은 이동이 있을 때 *앉을 경우 무릎과 발의 자세가 불편한 경우 *작업자의 앞뒤 공간이 부족할 때 *많은 통제장치(control)와 시각표시장치(display)들이 있을 때 *하루에 오랫동안 앉아서 작업해야 할 때

(5) 피로

- ① 작업자들에게 충분한 휴식시간을 부여한다. 휴식시간의 길이와 시간대는 작업의 형태, 환경조건, 개인의 숙련도와 체력 등을 고려하여 정하며, 특히 사고가 많이 발생하는 오전 10시~11시 사이와 오후 3시~4시 사이에 휴식시간을 부여하는 것이 좋다.
- ② 교육을 통해 올바른 작업자세를 유도한다. 인간공학적으로 올바른 작업자세는 다음과 같다.
 - (가) 작업자는 직립(앉아서 작업하는 경우 상체를 곧게 세움)하고 고개는 정면을 향한다.
 - (나) 몸을 기대거나 비트는 등의 불완전한 자세를 피한다.
 - (다) 작업점은 머리와 허리를 세우고, 고개를 약간 앞으로 숙인 자세에서 볼 수 있는 것이 가장 좋다.

- (㉞) 가능하면 작업자가 원하는 편안한 자세(서거나 앉는 등의)에서 작업하도록 해야 한다. 앉아서 작업할 때에는 작업의 동작에 변화를 주지 않으면서 등받이에 등을 기대 수 있어야 하며, 서서 작업할 때에는 몸의 무게가 양발에 균등히 분배될 수 있는 자세여야 한다.
- (㉟) 작업점이 심장의 높이보다 높거나 같아서는 안된다.
- (㊱) 작업은 관절의 펴거나 굽힘을 통해 이동 가능한 범위의 중간지점에서 행해지는 것이 바람직하다.
- (㊲) 한곳의 근육이 집중적으로 힘을 받아서는 안된다.
- (㊳) 반복적으로 작업에 힘이 가해져야 하는 경우 장비의 교정 없이 양팔이나 양다리를 교대로 이용할 수 있어야 한다.

(6) 질병

- ① 작업자들의 정기적인 건강검진을 시행한다.
- ② 관리자가 작업자의 건강상태를 수시로 체크하여 적당한 종류와 적당한 양의 작업을 배분한다.

(7) 불완전한 신체기능

- ① 작업자로 하여금 불완전한 신체기능을 보완할 수 있는 적절한 장비를 사용하도록 한다.

(8) 원만치 못한 인간관계

- ① 많은 회식자리와 소모임 등의 활성화를 통하여 작업자들간의 인간관계를 넓힐 수 있는 기회를 많이 마련한다.

(9) 원활한 의사소통의 부재

- ① 노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의를 통하여 충분히 의사교환을 하도록 한다.

(10) 부적절한 기계·설비의 구조

- ① 작업자가 작업하기에 보다 적절한 구조로 기계·설비의 설계와 제조를 개선한다. 작업하기에 적절한 기계·설비의 구조는 다음과 같다.
 - (㉞) 작업대(또는 작업점)의 높이는 팔꿈치의 높이가 적당하다.
 - (㉟) 작업시 허벅지와 무릎, 발이 편안한 자세를 유지하도록 충분한 공간이 있어야 한다.
 - (㊱) 작업점과 작업하는 자재(재료), 작업시 사용하는 수공구는 허리와 무릎을 굽히거나 비틀지 않은 상태에서 손에 닿는 위치에 있어야 한다.
 - (㊲) 앉아서 작업하는 경우 의자의 높이는 오금의 높이가 적당하며, 의자의

팔꿈치사이의 거리는 양팔꿈치사이의 거리가 적당하며, 의자의 쿠션은 엉덩이에서 오금까지의 거리보다 길어서는 안된다.

(배) 표시장치는 눈의 높이보다 낮은 곳에 위치하는 것이 좋다.

위와 같은 적절한 기계·설비의 구조개선을 위해서는 사람의 신체치수를 고려하여야 한다. NASA는 이러한 측정치 973종을 제시하고 91종에 관한 세계적 측정 자료를 발표하였다[30]. 이중 미국시민에 관한 자료를 다음 표에서 일례로 제시한다.

표 4-4 기본 인체계측자료

	여자			남자		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
서있는 경우						
1. 무릎의 높이	38.1	42.0	46.0	41.0	45.6	50.2
2. 차렷자세에서 손의 높이	64.3	70.2	75.9	69.8	75.4	80.4
3. 차렷자세에서 팔꿈치의 높이	93.6	101.9	108.8	100.0	109.9	119.0
4. 차렷자세에서 어깨의 높이	121.1	131.1	141.9	132.3	142.8	152.4
5. 키	149.5	160.5	171.3	161.8	173.6	184.4
6. 손을 들었을 때의 손의 높이	185.0	199.2	213.4	195.6	209.6	223.6
앉아있는 경우						
7. 손을 앞으로 뻗었을 때의 팔의 길이	64.0	71.0	79.0	76.3	82.5	88.3
8. 엉덩이에서 무릎까지의 길이	51.8	56.9	62.5	54.0	59.4	64.2
9. 엉덩이에서 오금까지의 길이	43.0	48.1	53.5	44.2	49.5	54.8
10. 오금의 높이	35.5	39.8	44.3	39.2	44.2	48.8
11. 허벅지의 두께	10.6	13.7	17.5	11.4	14.4	17.7
12. 팔꿈치의 높이	18.1	23.3	28.1	19.0	24.3	29.4
13. 눈의 높이	67.5	73.7	78.5	72.6	78.6	84.4
14. 앉은키	78.2	85.0	90.7	84.2	90.6	96.7
15. 엉덩이의 폭	31.2	36.4	43.7	30.8	35.4	40.6
16. 팔꿈치사이의 폭	31.5	38.4	49.1	35.0	41.7	50.6
그 외의 치수						
17. 물건을 쥐었을 때의 손의 내부직경	4.0	4.3	4.6	4.2	4.8	5.2
18. 동공간의 거리	5.1	5.8	6.5	5.5	6.2	6.8

* 단위는 cm

위의 표에서 예를 들어 여자 5%의 무릎의 높이의 수치가 38.1이라는 의미는 여자의 5%의 무릎의 높이가 38.1cm보다 작음을 뜻한다.

- ② Recall 제도를 도입하여 사용중 기계·설비에 이상이 발견되면 즉시 교환 가능하도록 하여 기계·설비의 제조자에게도 안전에 대한 책임을 부과한다.
- ③ 위험기계의 기종별 특성을 고려하여 최적의 안전장치를 제작하도록 기술의 연구와 개발을 지원한다(정부차원에서 위험기계 제조업체에게).
- ④ 반드시 검사필한 위험기계 제조업체의 기계·설비를 사용하도록 권장한다.

- ⑤ 위험기계 제조업체에 기계·설비의 제작시 반드시 안전장치를 설치후 출고하도록 권장한다.

(11) 부적절한 제어판

- ① 작업자의 오판을 줄일 수 있도록 제어판의 설계, 제조를 개선한다.

제어판의 제어장치에는 여러 종류가 있으며, 제어장치를 제어하는 힘과 필요한 제어의 수에 적합한 종류의 제어장치가 사용되어야 한다. 다음은 제어장치를 제어하는 힘과 가능한 제어의 수에 따른 적합한 제어장치의 종류를 보여준다.

표 4-5 제어장치의 종류 및 특성

조작력	가능한 제어의 수	적합한 제어장치
작다	2(이산)	열쇠잠금장치, 누름단추, 토글(toggle) 스위치
	3(이산)	회전선택스위치, 토글(toggle) 스위치
	4-24(이산)	회전선택스위치
	작은 범위(연속)	회전 손잡이(knob), 조이스틱 레버(joystick lever)
	큰 범위(연속)	크랭크(crank), 회전 손잡이(knob)
크다	2(이산)	대형 손 누름단추, 발 누름 페달
	3-24(이산)	멈춤쇠(detent)레버, 회전선택스위치
	작은 범위(연속)	핸드휠(handwheel), 조이스틱 레버(joystick lever)
	큰 범위(연속)	크랭크(crank), 핸드휠(handwheel)

또한 제어장치를 작동했을 때 통제되는 제어요소(on, off, right, left 등)가 사람들이 생각하는 고정관념과 일치해야 한다. 다음은 제어방법에 따라 예상되는 제어요소에 대한 고정관념을 나타낸다.

표 4-6 인간의 양립성을 고려한 제어개념

제어요소	제어방법
켜짐	위, 오른쪽, 앞, 시계방향으로
꺼짐	아래, 왼쪽, 뒤, 반시계방향으로
오른쪽	오른쪽, 시계방향으로
올림	위, 뒤로
내림	아래, 앞으로
빠냄, 수축	위, 뒤로, 당김
삽입, 확장	아래, 앞으로, 누름(밀기)
증가	앞, 위, 오른쪽, 시계방향으로
감소	뒤, 아래, 왼쪽, 반시계방향으로
밸브 열기	반시계방향으로
밸브 닫기	시계방향으로

제어판의 설계시 제어판의 고려되어야 할 제어장치와 표시장치의 특징으로는 위치, 색깔, 크기, 모양, 라벨, 작동방법 등이 있다.

- (가) 위치: 제어장치나 표시장치들의 위치는 가장 중요한 요소이다. 각 제어/표시장치는 그것의 기능에 따라 예측될 수 있는 위치에 있어야 한다. 예를 들어 자동차의 대부분의 제어/표시장치들은 기능에 따라 일정한 위치를 가지고 있으며, 이러한 위치가 바뀔 경우 운전자들은 심각한 혼동을 일으킬 수 있을 것이다.
- (나) 색깔: 제어/표시장치들의 색깔은 그것의 기능에 따라 달라야 한다. 예를 들어 붉은 색은 주로 온수를 의미하며, 파란색은 냉수를 의미한다.
- (다) 크기: 제어/표시장치들의 크기는 그것의 기능의 중요도에 따라 달라야 한다. 중요한 기능을 갖는 제어/표시장치는 보다 크기가 크고, 덜 중요한 기능을 갖는 제어/표시장치는 크기가 보다 작을 것이다.
- (라) 모양: 제어/표시장치들은 그것의 기능에 따라 모양이 달라야 한다.
- (마) 라벨: 제어/표시장치들에는 그것의 기능을 설명하는 라벨이 붙어있어야 한다. 라벨의 위치는 중요하지 않고 다만 그것이 분명하게 읽혀질 수 있고, 왼쪽에서부터 오른쪽으로 쓰여져 있으면 된다. 수직으로 쓰여진 라벨은 수평으로 쓰여진 라벨보다 읽기 어렵기 때문에 반드시 라벨은 수평으로 쓰여져야 한다. 라벨에 쓰여진 글귀는 그 제어/표시장치의 기능을 보다 간결하게 설명하고 있어야 한다.
- (바) Mode of operation: 제어/표시장치들은 그것의 기능에 따라 접촉시 다른 느낌을 갖도록 하는 것이 좋다. 예를 들어 자동차 운전자들은 가속기와 제동기를 밟을 때 저항력의 차이로 그것을 구분할 수 있다.
- 그리고 제어판은 가능한 한 다음의 규칙에 의해 설계되어야 한다.
- 제어장치의 수는 가능한 한 최소화한다.
 - 제어/표시장치들의 위치가 불편한 작업동작을 유발해서는 안된다. 예를 들어 대부분의 파워 프레스의 경우 페달을 발로 통제해야 하기 때문에 작업물을 두손으로 잡으면서 작업을 해야 한다.
 - 제어/표시장치들은 사용하는 작업자의 신체구조(손과 발의 움직임등)를 고려해서 배치되어야 한다. 예를 들어 사람은 손을 수평이나 수직으로 움직이는 것보다 호를 그리면서 움직이는 것이 보다 빠르며 정확하다.
 - 제어/표시장치들을 사용빈도, 상위·하위작업 등의 기준에 따라 구분하여 배치한다. 작업대를 여러 지역으로 구분하여 중요한 장치들을 중요한 지역에 배치하는 것이 바람직하다.

② Recall 제도를 도입하여 사용중 기계·설비에 이상이 발견되면 즉시 교환 가능하도록 하여 기계·설비의 제조자에게도 안전에 대한 책임을 부과한다.

③ 반드시 검사필한 위험기계 제조업체의 기계·설비를 사용하도록 권장한다.

(12) 기계고장

① 정기적으로 기계·설비를 점검한다.

② Recall 제도를 도입하여 사용중 기계·설비에 이상이 발견되면 즉시 교환 가능하도록 하여 기계·설비의 제조자에게도 안전에 대한 책임을 부과한다.

③ 반드시 검사필한 위험기계 제조업체의 기계·설비를 사용하도록 권장한다.

④ 노후된 기계·설비의 대체나 폐기처리시 용자금이나 보조금을 지원하며, 폐기처리비용을 무료로 하거나 고철비용을 환불하는 등의 혜택을 부여한다

(13) 적절한 수공구의 미사용

① 작업자에게 적절한 수공구를 지급하여 사용하도록 한다

(14) 안전장치의 부재/미사용

① 기계·설비에 적절한 안전장치를 부착하여 사용한다.

② 안전장치가 부착되지 않은 위험기계에 안전장치를 부착할 수 있도록 용자금이나 보조금을 지원한다.

③ 위험기계 제조업체에 기계·설비의 제작시 반드시 안전장치를 설치후 출고하도록 권장한다.

(15) 자재운송수단의 자동화미비

① 자재의 운송수단을 자동화한다.

② 자동화되지 않은 자재의 운송수단을 자동화하도록 용자금이나 보조금을 지원한다.

③ 자재취급시 유의사항을 교육시킨다. 자재취급시 지켜져야 할 인간공학적 권장사항은 다음과 같다.

(가) 적절한 자재취급장비를 사용한다.

(나) 허리나 무릎을 구부리거나 비튼 상태에서 자재를 취급하지 않도록 한다.

(다) 자재를 손으로 들거나 취급할 수 있도록 적당한 손잡이를 부착하여 이용한다.

(라) 무거운 자재나 무게중심이 자재의 중심에 위치하지 않는 경우 이를 자재에 붙은 라벨에 표시한다.

(마) 어깨높이 위에 있는 자재는 취급시 떨어뜨리지 않도록 특히 주의한다.

(16) 기계작업의 자동화미비

- ① 위험기계작업을 자동화한다.
 - ② 자동화되지 않은 위험기계의 작업을 자동화하도록 용자금이나 보조금을 지원한다.
- (17) 보호구·작업복의 불량
- ① 보호구·작업복을 정기적으로 점검한다.
 - ② 반드시 검정품의 보호구·작업복을 사용하도록 권장한다.
- (18) 보호구·작업복의 미지급
- ① 작업자에게 보호구·작업복을 지급하여 작업시 반드시 착용하도록 한다.
- (19) 작업불편으로 인한 안전장치·보호장구의 제거
- ① 생산성보다는 사고의 위험을 강조하여 작업자가 작업시 반드시 안전장치·보호장구를 사용하도록 한다.
 - ② 안전장치·보호장구의 제거를 통한 생산성 향상보다는 안전장치·보호장구를 사용하면서 작업의 숙련을 통해 생산성을 높이도록 권장한다.
- (20) 부적절한 자재·제품의 적재위치
- ① 설비의 배치를 적절히 조정하여 자재·제품의 적재위치를 확보한다. 자재·제품의 적재위치는 다음사항을 고려하여 결정한다.
 - (가) 자재·제품의 운반거리를 최소화한다.
 - (나) 작업자가 쉽게 적재위치에 접근할 수 있도록 한다.
 - (다) 자재·제품을 안전하게 취급할 수 있는 충분한 공간을 확보한다.
- (21) 적절한 작업·이동공간의 미확보
- ① 설비의 배치를 적절히 조정하여 충분한 작업·이동공간을 확보한다. 확보되어야 하는 작업·이동공간은 다음과 같다.
 - (가) 천정의 높이는 작업자의 올바른 작업자세에서 안전모와 안전화의 크기를 고려하여 충분해야 한다.
 - (나) 작업공간의 폭은 작업자의 엉덩이와 어깨의 길이를 고려하고, 작업시 움직임과 장비의 사용을 고려하여 충분해야 한다.
 - (다) 작업대(혹은 작업점)와 작업자사이의 거리는 작업시 움직임과 장비를 사용하기에 충분해야 하고, 발이 편하도록 충분한 공간이 확보되어야 한다. 특히 앉아서 작업할 경우 허벅지, 무릎, 발이 편한 자세를 유지하도록 충분한 공간이 확보되어야 한다.
- (22) 수공구의 부적절한 유지보수
- ① 수공구를 정기적으로 점검하고 유지 보수한다.

(23) 보호구·작업복에 대한 점검의 미비

- ① 보호구·작업복을 정기적으로 점검한다.

(24) 기계·설비의 점검의 미비

- ① 기계·설비를 정기적으로 점검한다.

(25) 안전장치의 점검의 미비

- ① 안전장치를 정기적으로 점검한다.

(26) 동시작업으로 인한 부주의

- ① 가능한 한 동시작업을 피하도록 작업을 배분한다.
- ② 동시작업시 해당작업이나 기계에 대해 책임자를 선정한다.
- ③ 주로 동시작업을 하는 작업자들에 대해서는 가능한 한 잦은 작업변경을 하지 않도록 작업을 배분한다.

(27) 필요시 동력 미차단

- ① 작업의 준비, 기계의 수리, 부품의 교체등 동력을 차단하고 작업을 해야 하는 경우 반드시 동력을 차단하고 작업을 하도록 권장한다.
- ② 작업의 준비, 기계의 수리, 부품의 교체등 동력을 차단하고 작업을 해야 하는 경우에 동력을 차단하지않고 작업을 했을 때 발생 가능한 사고를 방지할 수 있는 적합한 안전장치를 개발한다.
- ③ 동력의 차단을 보다 손쉽게 하도록 한다. 예를 들면 동력의 차단절차를 간소화하거나, 동력의 차단 버튼이나 스위치를 적절한 위치에 배치한다.

(28) 잦은 작업점에서의 접근

- ① 작업의 특성에 맞는 적합한 방호장치를 설치한다.
- ② 올바른 작업순서나 방법의 규정을 통해 작업점에서의 접근을 최소화하도록 작업을 표준화한다.
- ③ 잦은 작업점 접근의 원인이 되는 재료의 공급과 취출을 자동화하거나, 이것이 힘들 경우 간이자동화를 통해 작업점에서의 접근을 최소화한다.
- ④ 잦은 작업점 접근의 원인이 되는 칩, 스크랩 제거시 또는 재료의 위치조정시 반드시 수공구를 사용하도록 한다.

(29) 과도한 힘의 사용

- ① 과도한 힘을 사용하여 작업을 해야 하는 경우 적합한 수공구나 기계를 사용한다.

(30) 라인 불균형으로 인한 작업량 증가

- ① 라인내의 각 작업당 작업자수를 Line Balancing을 통해 적정 배치한다. Line

Balancing이란 흐름작업에서 수행되어지는 단위작업들을 작업장에 적절히 분배함으로써, 각 작업내용의 선행의 필요성, 제약조건 등을 만족시키면서 전체적 생산흐름을 원활히 하여 유휴시간을 최소화하고 노동 및 설비의 흐름을 극대화하고자 하는 기법이다.

② 병목작업을 자동화한다.

(31) 과도한 주문으로 인한 작업량 증가

① 과도한 주문으로 일시적으로 작업량이 증가할 경우 임시고용인을 이용한다.

② 기계·설비의 자동화로 생산성을 향상시킨다.

③ 적절한 교대근무(2·3교대 근무)로 부족한 작업량을 충당한다. 교대근무시 교대근무 횟수는 작업의 형태나 난이도에 따라 달라져야 한다. 예를 들어 가벼운 작업인 경우 주로 12시간 작업의 2교대근무가 적당하며, 힘을 많이 사용하거나 장시간 정신을 집중해야 하는 작업의 경우 8시간 내지는 6-7시간 근무에 3-4교대가 적당하다.

(32) 부적절한 소음

① 귀마개 등의 개인보호장구를 사용한다.

② 소음원인 기계·설비를 격리시킨다.

③ 소음원인 기계·설비 주위에 소음흡수방벽을 설치한다.

(33) 부적절한 조명

① 작업의 종류에 따라 적합한 조명을 설치한다.

② 작업장내의 벽, 천정, 바닥의 색깔을 빛의 반사등을 고려하여 색칠한다. 일반적으로 천정, 벽의 상부등은 밝은 색으로 칠하여 빛의 반사효율을 높이는 것이 필요하며, 바닥은 안정감을 줄 수 있는 색을 칠하는 것이 바람직하다.

(34) 부적절한 환기

① 작업장내에 적절한 개수의 환기통을 적절한 위치에 설치한다.

② 작업자의 마스크 착용을 의무화한다.

(35) 부적절한 온도

① 적절한 냉·난방장치를 설치한다.

(36) 화재·감전의 위험

① 화재·감전의 가능성이 있는 기계·설비에 대해 안전관리자를 배치하여 관리하게 한다.

② 화재·감전의 가능성이 있는 기계·설비를 정기 점검한다.

③ 화재·감전사고를 예방할 수 있는 누전차단기 등의 안전장치를 설치한다.

(37) 작업공간의 정리·정돈의 미실시

- ① 5S 운동을 추진한다.
- ② 작업장을 정기적으로 정리·정돈하는 시간을 마련한다.

(38) 안전관리조직·규정의 불비

- ① 안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정한다.

(39) 안전교육의 미실시

- ① 작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계·설비의 도입시 반드시 안전교육을 실시한다.
- ② 사업주와 관리자에 대해 정기적으로 안전의식 교육을 받도록 한다.
- ③ 비전문가로부터가 아닌 안전관리자를 통해 공식적인 교육을 작업자들이 정기적으로 받도록 한다. 30인 미만의 영세업체의 경우 안전관리자의 선임의무가 없기 때문에 이러한 업체에 대해서는 외부의 안전관리자로부터 받는 교육만을 인정한다. 즉, 작업자들이 내실화된 교육을 정기적으로 받도록 한다.

(40) 적성배치의 부적절

- ① 작업자의 신규채용시 작업자의 적성을 파악하여 적성에 맞는 작업에 배치한다. 작업자의 적성검사시 고려해야 할 사항으로는 다음과 같은 것들이 있다.
 - * IQ 검사
 - * 형태식별능력
 - * 운동속도 및 손 작업능력
 - * 시간당 수동작의 능력
- ② 작업자를 신규채용 하기 전에 한국산업안전공단으로 부터 법정교육을 의무적으로 받은 후에 사업장에 배치되도록 한다.
- ③ 신규채용자는 신규채용후 정해진 기간동안 연간 횟수를 규정하여 한국산업안전공단으로 부터 안전교육을 받도록 의무화한다.

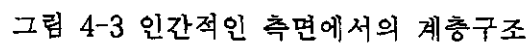
(41) 작업자의 건강관리제도의 불비

- ① 작업자의 정기적인 건강검진을 의무화한다.

(42) 부하에 대한 지도·감독의 부족

- ① 사업주, 관리자, 지도자는 정기적으로 안전교육을 받도록 의무화한다.
- ② 감독자와 근로자간에 정기적 회의를 마련하여 주의사항을 전달하고 의사를 교환하도록 한다.

최상위 원인들인 인간적인 측면, 기계적인 측면, 작업적인 측면, 관리적인 측면 각각에 대한 계층구조는 다음의 그림과 같다.



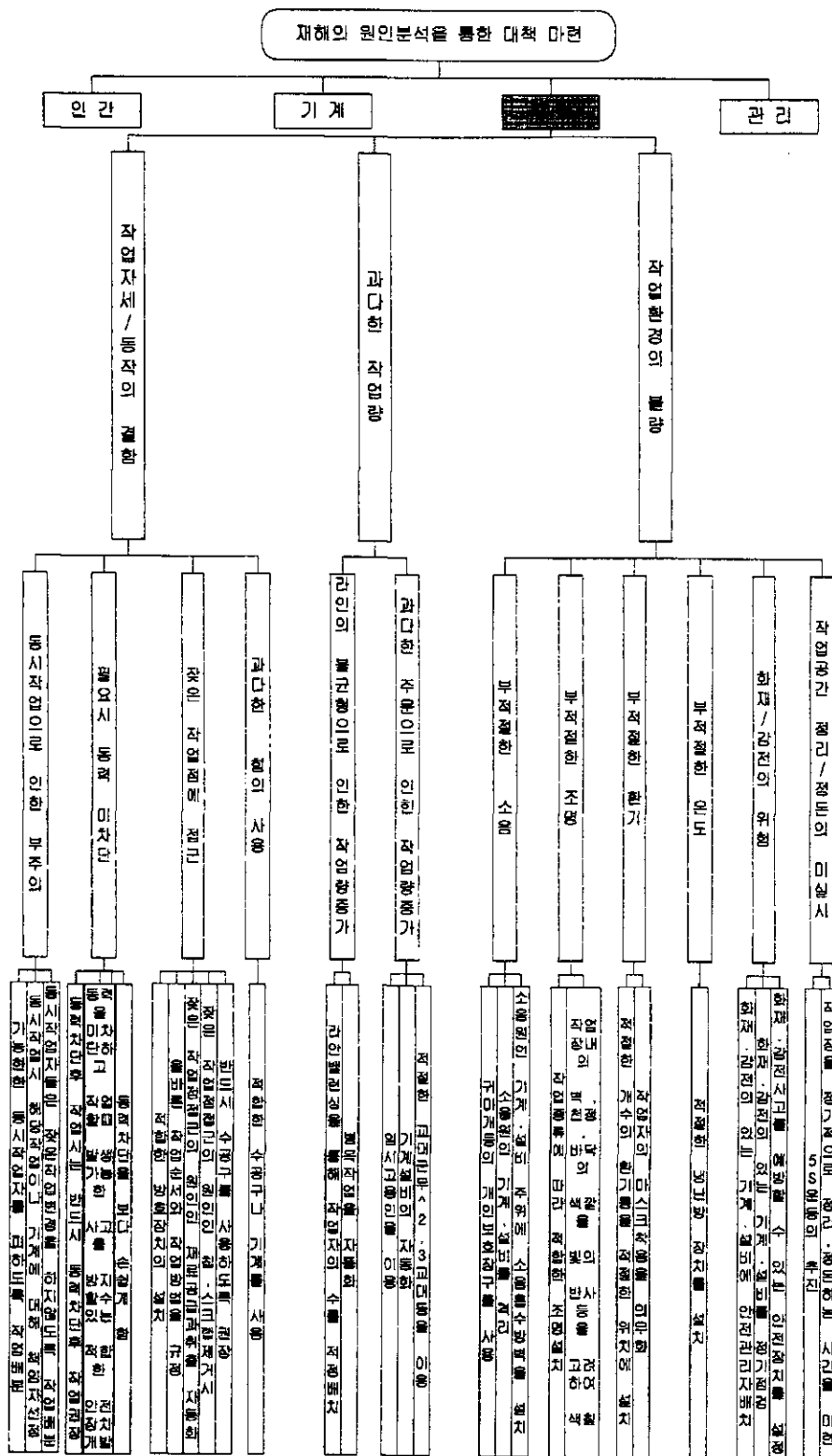


그림 4-5 작업적인 측면에서의 계층구조

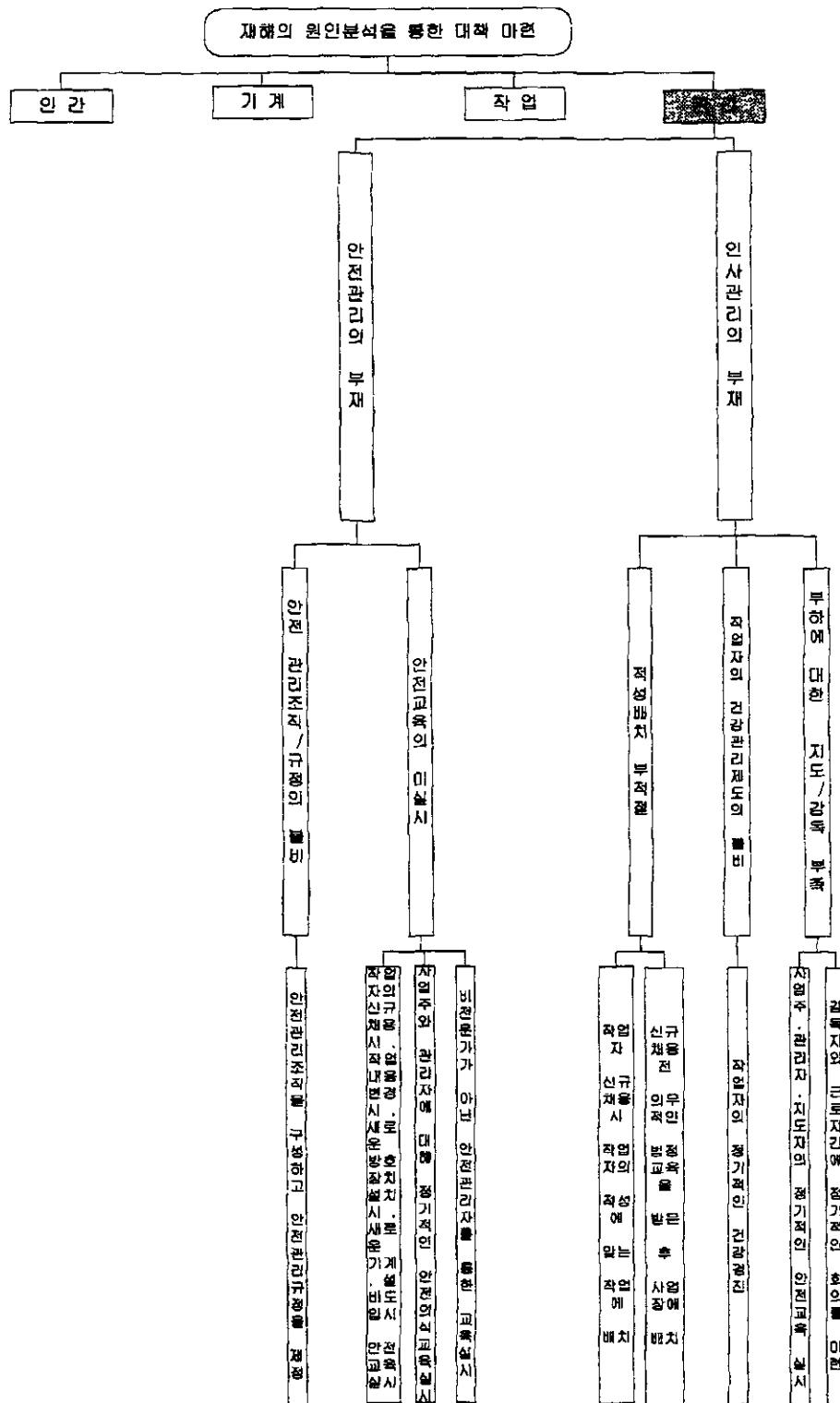


그림 4-6 관리적인 측면에서의 계층구조

4.3 설문조사를 통한 원인과 대책들간의 쌍별비교

앞서도 설명했듯이 기존의 AHP 계층구조의 경우 일반적으로 한 명의 의사결정자가 전체 계층구조에 대한 모든 쌍별비교를 행하는 것이 보통이나, 본 연구에서는 보다 전문적인 의사결정자의 견해를 수렴하기 위해 위험기계사고에 대한 주요 원인의 분석을 위해서는 실제 위험기계작업에 종사하는 작업자를 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 위험기계사고의 각 세부원인에 대한 대책들간의 중요도를 산정하기 위해서는 산업안전에 대한 전문가라고 할 수 있는 산업안전관리대행업체 직원들을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

4.3.1 원인들간의 쌍별비교

원인들간의 가중치와 순위를 산정하기 위해 24개의 중소기업체의 24명의 작업자들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문지는 각 평가기준들을 2개씩 비교하여 모든 쌍을 비교하는 쌍별비교 형식으로 구성되었으며, 척도로는 9점척도를 사용하였다. 설문대상으로는 인천과 안양, 안산소재 24개업체에서 업체당 1명씩의 작업과 관리의 경험이 풍부한 중간관리자를 선정하여 설문조사를 실시하였다.

4.3.2 대책들간의 쌍별비교

각각의 세부원인별 대책들간의 가중치와 순위를 산정하기 위해 중소기업체의 안전관리업무를 대행하는 산업안전관리대행업체 종사자 41명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문지의 형식과 척도는 원인들과의 쌍별비교때와 같이 쌍별비교 형식과 9점척도를 사용하였다. 각 원인별 대책들의 가중치는 그룹의사결정방법을 이용하여 41명의 산업안전관리대행업체 직원들의 설문조사결과를 도출하고 이를 보정가중치 산정방법을 이용하여 산정하였다.

다음의 표는 설문조사를 실시한 대행업체와 설문응답자의 수를 보여준다.

대행업체	설문응답자 수
인천남부지부	14명
인천북부지부	10명
경기도 안양지부	6명
경기도 안산지부	11명
총	41명

41명의 안전관리대행업체 종사자들로부터 얻은 각 원인별 대책에 대한 종합가중치는 다음과 같다

표 4-7 세부원인별 대책에 대한 종합가중치

위험기계사고의 세부원인	각 세부원인에 대한 대책	가중치
1. 작업중 다른생각	카운셀러의 양성 또는 채용	0.639
	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	1.000
2. 무의식적인 착각	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	1.000
3. 의도적인 생략행위	올바른 작업순서나 작업방법을 규정	0.711
	생산성보다는 안전의 중요성을 작업자들에게 주지	0.921
	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	1.000
4. 작업의 단조로움으로 인한 지루함	정기적인 작업의 변경	0.667
	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	1.000
	작업자가 작업시 서거나 앉는 것을 선택하도록	0.417
5. 피로	충분한 휴식시간을 부여	1.000
	교육을 통해 올바른 작업자세를 유도	0.852
6. 질병	작업자들의 정기적인 건강검진을 시행	1.000
	작업자의 건강상태를 수시로 체크하여 적당한 종류와 양의 작업을 배분	0.923
7. 불완전한 신체기능	불완전한 신체기능을 보완할 수 있는 적절한 장비 사용	1.000
8. 원만치 못한 인간관계	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	1.000
9. 원활한 의사소통의 부재	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	1.000
10. 부적절한 기계·설비의 구조	적절한 구조로 기계·설비의 설계와 제조를 개선	0.600
	Recall 제도의 도입	0.300
	위험기계의 기종별 특성을 고려한 최적의 안전장치 제작하도록 기술의 연구와 개발을 지원	0.767
	검사필한 위험기계제조업체의 기계·설비를 사용	0.667
	기계·설비 제작시 안전장치를 설치후 출고 권장	1.000
	제어판의 설계, 제조를 개선	0.976
11. 부적절한 제어판	Recall 제도의 도입	0.463
	검사필한 위험기계제조업체의 기계·설비를 사용	1.000
	정기적인 기계·설비의 점검	1.000
12. 기계고장	Recall 제도의 도입	0.447
	검사필한 위험기계제조업체의 기계·설비를 사용	0.500
	노후설비의 대체나 폐기처리시 용자금이나 보조금 지원	0.684
	적절한 수공구를 지급하여 사용토록 함	1.000
13. 적절한 수공구의 미사용	적절한 수공구를 지급하여 사용토록 함	1.000
	기계·설비에 적절한 안전장치를 부착하여 사용	0.528
	안전장치를 부착할 수 있도록 용자금이나 보조금 지원	0.340
14. 안전장치의 부재/미사용	기계·설비의 제작시 안전장치를 설치후 출고 권장	1.000
	자재의 운송수단을 자동화	1.000
	자재운송수단을 자동화하도록 용자금이나 보조금 지원	0.605
15. 자재운송수단의 자동화미비	자재취급시 유의사항을 교육	0.721
	기계·설비의 자동화	1.000
	기계·설비를 자동화하도록 용자금이나 보조금 지원	0.683
16. 기계작업의 자동화미비	기계·설비를 자동화하도록 용자금이나 보조금 지원	0.683
	보호구·작업복을 정기적으로 점검	0.923
17. 보호구·작업복의 불량	검정품의 보호구·작업복을 사용	1.000
18. 보호구·작업복의 미지급	보호구·작업복을 지급하여 사용하도록 함	1.000

19. 작업불편으로 인한 안전장치·보호장구의 제거	작업시 반드시 안전장치·보호장구를 사용하도록 함	1.000
	안전장치·보호장구를 제거하지 않고 작업의 숙련을 통해 생산성을 높이도록 권장	0.852
20. 부적절한 자재·제품의 적재위치	설비배치를 조정하여 자재·제품의 적재위치 확보	1.000
21. 적절한 작업·이동공간의 미확보	설비배치를 조정하여 충분한 작업·이동공간 확보	1.000
22. 수공구의 부적절한 유지보수	수공구의 정기적인 점검 및 유지보수	1.000
23. 보호구·작업복에 대한 점검의 미비	보호구·작업복의 정기적인 점검	1.000
24. 기계·설비의 점검의 미비	정기적인 기계·설비의 점검	1.000
25. 안전장치의 점검의 미비	안전장치의 정기적인 점검	1.000
26. 동시작업으로 인한 부주의	가능한 한 동시작업을 피하도록 작업을 배분	1.000
	동시작업시 해당작업이나 기계에 대해 책임자를 선정	0.769
	동시작업자들은 잦은 작업변경을 하지 않도록 작업배분	0.769
27. 필요시 동력 미차단	동력을 차단하고 작업을 해야 할 때는 반드시 동력차단후 작업을 하도록 권장	1.000
	동력을 미차단하고 작업할 때 발생 가능한 사고를 방지할 수 있는 적절한 안전장치의 개발	0.574
	동력차단을 보다 손쉽게 함	0.574
	기계·설비에 적절한 안전장치를 부착하여 사용	0.614
28. 잦은 작업점에서의 접근	올바른 작업순서나 작업방법을 규정	0.386
	잦은 작업점 접근의 원인이 되는 재료의 공급과 취출을 자동화	1.000
	잦은 작업점 접근의 원인이 되는 칩, 스크랩 제거시 반드시 수공구를 사용하도록 권장	0.273
	적합한 수공구나 기계를 사용	1.000
29. 과도한 힘의 사용	적합한 수공구나 기계를 사용	1.000
30. 라인 불균형으로 인한 작업량 증가	Line Balancing을 통해 작업자의 수를 적정배치	1.000
	병목작업을 자동화	0.556
31. 과도한 주문으로 인한 작업량 증가	임시고용인을 이용	0.213
	기계·설비의 자동화	1.000
	적절한 교대근무(2·3교대 등)를 이용	0.426
32. 부적절한 소음	귀마개 착용의 의무화	0.245
	소음원인 기계·설비를 격리	1.000
	소음원인 기계·설비주위에 소음흡수방벽을 설치	0.660
33. 부적절한 조명	작업의 종류에 따라 적절한 조명을 설치	1.000
	작업장내의 벽, 천정, 바닥의 색깔을 빛의 반사율을 고려하여 색칠	1.563
34. 부적절한 환기	적절한 개수의 환기통을 적절한 위치에 설치	1.000
	작업자의 마스크 착용을 의무화	0.205
35. 부적절한 온도	적절한 냉·난방장치를 설치	1.000
36. 화재·감전의 위험	화재·감전의 위험이 있는 기계·설비에 안전관리자 배치	0.327
	화재·감전의 위험이 있는 기계·설비를 정기점검	0.615
	화재·감전사고를 예방할 수 있는 안전장치를 설치	1.000
37. 작업공간의 정리·정돈의 미실시	5S 운동의 추진	1.000
	작업장을 정기적으로 정리·정돈하는 시간을 마련	0.712

38. 안전관리조직·규정의 불비	안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정	1.000
39. 안전교육의 미 실시	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계·설비의 도입시 안전교육 실시	1.000
	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시	0.730
	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육 실시	0.973
40. 적성배치의 부적절	작업자 신규채용시 작업자의 적성을 파악하여 적성에 맞는 작업에 배치	1.000
	신규채용전 의무적인 법정교육을 받은 후 사업장에 배치	0.613
41. 작업자의 건강관리제도의 불비	작업자들의 정기적인 건강검진을 시행	1.000
42. 부하에 대한 지도·감독의 부족	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시	0.961
	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	1.000

4.4 AHP분석을 위한 PROGRAM의 개발

4.4.1 Program의 개요

현재 사용되고 있는 AHP 프로그램으로는 Saaty에 의해 제작된 것과 KAIST에서 제작된 두 가지 종류가 있다. 그러나 Saaty에 의해 제작된 프로그램은 도스용으로써 초보자가 사용하기에는 많은 어려움이 있으며, KAIST에서 제작된 프로그램은 윈도우즈용 프로그램으로 사용자가 사용하기에는 Saaty에 의한 것보다는 편리하지만 각 계층의 기준이나 대안들의 수에 제약이 있어 본 연구의 계층구조를 분석하기에는 한계가 있었다. 그리고 두 가지 프로그램으로 본 연구의 계층구조를 분석할 때 가장 큰 문제점은 본 연구에서 구성한 계층구조가 기존의 전형적인 AHP의 계층구조와는 다르기 때문에 두 프로그램을 이용하여 분석하기 위해서는 많은 수작업에 의한 계산을 필요로 한다는 점이다. 그리고 이들 프로그램을 이용하여 분석한다 해도 각각의 분석결과를 정리하고 그룹의사결정을 하는 과정은 보다 많은 수작업을 필요로 한다. 본 연구의 프로그램은 이러한 문제점을 보완하기 위해 본 연구에서 구성한 계층구조에 적합하게 개발되었다.

4.4.2 Program의 개발

프로그램은 Visual Basic 4.0 Professional version으로 프로그래밍하였으며, 데

이터베이스는 Visual Basic에서 기본적으로 제공하는 Access를 이용하여 구성하였다. Visual Basic은 객체 지향적인 언어(Object Oriented Programming)로써 윈도우즈 환경에서 수행되는 모든 종류의 프로그래밍을 보다 빠르고 쉽게 개발할 수 있는 언어이다. 특히 Visual Basic 4.0은 Windows 95와 비슷한 시기에 발표된 것으로 Windows 95에 적합하게 만들어졌다. Access는 강력한 힘과 사용의 편리성을 갖는 데이터베이스 운영 프로그램으로써 현재 가장 인기있는 데이터베이스 운영 프로그램이다.

4.4.3 Program의 구성

본 프로그램은 기본적으로 사용자가 응답해야 하는 18개의 다이얼로그 박스와 응답결과를 보여주는 다이얼로그 박스, 18개의 다이얼로그 박스에 모두 응답하지 않고 프로그램이 지정한 하나의 다이얼로그 박스에만 응답을 하면 그와 가장 가까운 결과를 기존의 데이터베이스에 저장되어 있는 응답결과중에서 찾아 보여주는 Simple Test 다이얼로그 박스, 데이터베이스의 파일들 중에서 Group Decision Making을 원하는 파일들을 선택하면 그에 대한 Group Decision Making의 결과를 보여주는 Group Decision Making 다이얼로그 박스 등으로 구성되어 있다.

각 다이얼로그 박스의 구성과 프로그램의 사용법은 부록 E에 설명되어 있다.

4.4.4 Program의 기대효과

본 프로그램은 수작업에 의한 계산과정을 모두 전산화하였으며, 이를 Database와 연결하여 그룹의사결정뿐만 아니라 보다 간단한 원인들간의 평가로 그와 비슷한 결과를 갖는 원인과 대책들의 가중치와 순위를 파악할 수 있는 부가적인 기능을 갖추으로써 다각적으로 위험기계사고의 원인과 대책을 분석할 수 있게 하였다. 그리고 초보자라도 쉽게 사용법을 익히고 접근할 수 있도록 하였으며, 상황마다 필요한 질문을 사용자에게 물어 봄으로써 설문지의 역할까지도 수행할 수 있도록 하였다. 이처럼 본 연구의 프로그램은 설문지의 역할에서부터 각각의 결과를 저장하는 Database의 기능까지 수행함으로써 자료정리에 필요한 엄청난 시간과 노력의 절약은 물론 다각적인 분석방법을 제시하고 있다.

4.5 결과

설문조사한 24개 업체들중 21개 업체는 프레스 및 전단기를 사용하는 업체이며, 2개 업체는 로울러, 1개 업체는 등근톱을 사용하는 업체이다. 사용기계별 업체들의 원인파 대책의 가중치 분석결과는 다음과 같다.

4.5.1 프레스 및 전단기

프레스 및 전단기를 사용하는 21개 업체는 익명성 보장을 위해 각각 A, B, ..., U사로 표시한다. 다음의 표는 각 설문조사업체에 대한 최상위 계층의 원인에 속하는 인간, 기계, 작업, 관리 각각의 가중치와 최하위 계층의 원인들중 상위 5개 원인들에 대한 가중치, 그리고 상위 5개 대책들에 대한 가중치를 나타낸다.

표 4-8 각 업체별 최상위 계층과 최하위 계층의 세부원인에 대한 가중치

회사	최상위 원인			최하위 원인		
	순위	원인	가중치	순위	원인	가중치
A사	1	인간	0.61	1	작업중 다른생각	0.201
	2	작업	0.23	2	무의식적인 착각	0.134
	3	관리	0.11	3	피로	0.100
	4	기계	0.05	4	동시작업으로 인한 부주의	0.081
				5	안전관리조직/규정의 불비	0.068
B사	1	인간	0.67	1	작업중 다른생각	0.386
	2	관리	0.22	2	적성배치의 부적절	0.137
	3	기계	0.06	3	무의식적인 착각	0.105
	3	작업	0.06	4	원만치 못한 인간관계	0.053
				5	피로	0.047
C사	1	인간	0.66	1	작업중 다른생각	0.316
	2	기계	0.20	2	의도적인 생략행위	0.102
	3	관리	0.09	3	피로	0.088
	4	작업	0.05	4	안전교육의 미실시	0.076
				5	기계작업의 자동화미비	0.064
D사	1	관리	0.67	1	안전교육의 미실시	0.489
	2	작업	0.19	2	안전관리조직/규정의 불비	0.098
	3	인간	0.11	3	부하에 대한 지도/감독의 부족	0.057
	4	기계	0.03	4	작업공간의 정리/정돈의 미실시	0.048
				5	원만치 못한 인간관계	0.039
E사	1	인간	0.66	1	작업중 다른생각	0.218
	2	기계	0.19	2	작업의 단조로움으로 인한 지루함	0.154
	3	작업	0.08	3	원만치 못한 인간관계	0.133
	3	관리	0.08	4	작업불편으로 인한 안전장치/보호장구의 제거	0.062
				5	안전교육의 미실시	0.054
F사	1	인간	0.73	1	작업중 다른생각	0.226
	2	기계	0.15	2	작업의 단조로움으로 인한 지루함	0.148
	3	작업	0.08	3	무의식적인 착각	0.118
	4	관리	0.04	4	원만치 못한 인간관계	0.078
				5	질병	0.035
G사	1	작업	0.45	1	라인불균형으로 인한 작업량 증가	0.197
	2	관리	0.35	2	안전관리조직/규정의 불비	0.087
	3	인간	0.10	2	안전교육의 미실시	0.087
	3	기계	0.10	2	적성배치의 부적절	0.087
				5	과다한 주문으로 인한 작업량 증가	0.066
H사	1	인간	0.61	1	원활한 의사소통의 부재	0.277
	2	관리	0.21	2	안전교육의 미실시	0.160
	3	기계	0.09	3	원만치 못한 인간관계	0.092
	3	작업	0.09	4	무의식적인 착각	0.064
				4	작업의 단조로움으로 인한 지루함	0.064

회사	최상위 원인			최하위 원인		
	순위	원인	가중치	순위	원인	가중치
I사	1	인간	0.47	1	작업중 다른생각	0.142
	2	작업	0.21	2	안전교육의 미실시	0.081
	3	관리	0.18	3	무의식적인 착각	0.073
	4	기계	0.14	4	원활한 의사소통의 부재	0.064
				4	원만치 못한 인간관계	0.064
J사	1	작업	0.46	1	과다한 힘의 사용	0.172
	2	기계	0.28	2	원만치 못한 인간관계	0.113
	3	인간	0.20	3	부적절한 기계/설비의 구조	0.068
	4	관리	0.06	4	동시작업으로 인한 부주의	0.060
				5	기계작업의 자동화미비	0.055
K사	1	기계	0.41	1	라인불균형으로 인한 작업량 증가	0.250
	1	작업	0.41	2	기계/설비의 점검의 미비	0.133
	3	관리	0.11	3	안전교육의 미실시	0.079
	4	인간	0.06	4	부적절한 기계/설비의 구조	0.059
				5	과다한 주문으로 인한 작업량 증가	0.050
L사	1	관리	0.54	1	안전교육의 미실시	0.356
	2	인간	0.21	2	원만치 못한 인간관계	0.130
	3	작업	0.14	3	적성배치의 부적절	0.089
	4	기계	0.11	4	안전관리조직/규정의 불비	0.051
				5	부적절한 환기	0.045
M사	1	인간	0.75	1	원만치 못한 인간관계	0.368
	2	기계	0.08	2	원활한 의사소통의 부재	0.184
	2	작업	0.08	3	작업중 다른생각	0.116
	2	관리	0.08	4	적성배치의 부적절	0.046
				5	필요시 동력 미차단	0.043
N사	1	인간	0.55	1	원만치 못한 인간관계	0.324
	2	기계	0.20	2	작업중 다른생각	0.080
	3	관리	0.18	3	안전관리조직/규정의 불비	0.066
	4	작업	0.08	3	안전교육의 미실시	0.066
				5	원활한 의사소통의 부재	0.036
O사	1	인간	0.63	1	작업중 다른생각	0.231
	2	작업	0.24	2	원만치 못한 인간관계	0.110
	3	기계	0.08	3	피로	0.092
	4	관리	0.05	4	무의식적인 착각	0.086
				5	동시작업으로 인한 부주의	0.070
P사	1	인간	0.63	1	작업의 단조로움으로 인한 지루함	0.195
	2	기계	0.13	2	원만치 못한 인간관계	0.145
	2	작업	0.13	3	의도적인 생략행위	0.115
	2	관리	0.13	4	안전관리조직/규정의 불비	0.098
				5	라인불균형으로 인한 작업량 증가	0.082

회사	최상위 원인			최하위 원인		
	순위	원인	가중치	순위	원인	가중치
Q사	1	기계	0.71	1	기계작업의 자동화미비	0.298
	2	인간	0.16	2	안전장치의 점검의 미비	0.114
	3	관리	0.08	3	작업중 다른생각	0.072
	4	작업	0.05	4	자재운송수단의 자동화미비	0.060
				5	작업불편으로 인한 안전장치/보호장구의 제거	0.056
R사	1	인간	0.52	1	원만치 못한 인간관계	0.191
	2	기계	0.20	1	원활한 의사소통의 부재	0.191
	2	작업	0.20	3	과다한 주문으로 인한 작업량 증가	0.075
	4	관리	0.08	4	질병	0.063
				5	안전교육의 미실시	0.057
S사	1	인간	0.67	1	원만치 못한 인간관계	0.239
	2	관리	0.22	1	원활한 의사소통의 부재	0.239
	3	기계	0.06	3	안전교육의 미실시	0.153
	3	작업	0.06	4	작업의 단조로움으로 인한 지루함	0.084
				5	작업중 다른생각	0.038
T사	1	인간	0.70	1	작업중 다른생각	0.320
	2	기계	0.10	2	원활한 의사소통의 부재	0.115
	2	작업	0.10	3	안전교육의 미실시	0.077
	2	관리	0.10	4	작업의 단조로움으로 인한 지루함	0.064
				4	무의식적인 착각	0.064
U사	1	관리	0.56	1	안전교육의 미실시	0.451
	2	작업	0.30	2	화재/감전의 위험	0.121
	3	인간	0.11	3	의도적인 생략행위	0.057
	4	기계	0.03	4	잘은 작업점에서의 접근	0.052
				4	작업공간의 정리/정돈의 미실시	0.052

표 4-9 각 업체별 상위 5개 대책에 대한 가중치

회사	순위	대책	가중치
A사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.425
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.129
	3	충분한 휴식시간을 부여	0.100
	4	교육을 통해 올바른 작업자세를 유도	0.085
	5	가능한 한 동시작업을 피하도록 작업을 배분	0.081
B사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.548
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.246
	3	작업자 신규채용시 작업자의 적성을 파악하여 적성에 맞는 작업에 배치	0.137
	4	신규채용전 의무적인 법정교육을 받은 후 사업장에 배치	0.084
	5	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.053
C사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.508
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.202
	3	생산성보다는 안전의 중요성을 작업자들에게 주지	0.094
	4	충분한 휴식시간을 부여	0.088
	5	올바른 작업순서나 작업방법을 규정	0.079
D사	1	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.489
	2	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.476
	3	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육을 실시	0.412
	4	안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정	0.098
	5	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.063
E사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.440
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.139
	2	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.133
	4	정기적인 작업의 변경	0.103
	5	작업자가 작업시 서거나 앉는 것을 선택하도록	0.064
F사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.522
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.145
	3	정기적인 작업의 변경	0.098
	4	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.078
	5	작업자가 작업시 서거나 앉는 것을 선택하도록	0.062
G사	1	Line Balancing을 통해 작업자의 수를 적정배치	0.197
	2	병목작업을 자동화	0.109
	3	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육을 실시	0.105
	4	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.087
	5	안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정	0.087
H사	1	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.294
	2	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.198
	3	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.160
	4	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.155
	5	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육을 실시	0.133

회사	순위	대책	가중치
I사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.291
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.091
	3	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.081
	4	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.079
	5	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.075
J사	1	적절한 수공구나 기계를 사용	0.172
	2	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.113
	3	기계, 설비의 제작시 안전장치를 설치후 출고 권장	0.086
	4	검사필한 위험기계제조업체의 기계/설비를 사용	0.065
	4	기계/설비의 자동화	0.065
K사	1	Line Balancing을 통해 작업자의 수를 적정배치	0.250
	2	정기적인 기계/설비의 점검	0.162
	3	병목작업을 자동화	0.139
	4	기계/설비의 자동화	0.093
	5	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.079
L사	1	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.356
	2	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.346
	3	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시	0.284
	4	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.130
	5	작업자 신규채용시 작업자의 적성을 파악하여 적성에 맞는 작업에 배치	0.089
M사	1	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.368
	2	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.204
	3	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.155
	4	카운셀러의 양성 또는 채용	0.074
	5	작업자 신규채용시 작업자의 적성을 파악하여 적성에 맞는 작업에 배치	0.046
N사	1	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.324
	2	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.159
	3	안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정	0.066
	3	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.066
	5	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.065
O사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.378
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.148
	3	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.110
	4	충분한 휴식시간을 부여	0.092
	5	교육을 통해 올바른 작업자세를 유도	0.078

회사	순위	대책	가중치
P사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.398
	2	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.145
	3	정기적인 작업의 변경	0.130
	4	생산성보다는 안전의 중요성을 작업자들에게 주지	0.106
	5	안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정	0.098
Q사	1	기계/설비의 자동화	0.300
	2	기계/설비를 자동화하도록 용자금이나 보조금 지원	0.203
	3	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.127
	4	안전장치의 정기적인 점검	0.114
	5	정기적인 기계/설비의 점검	0.070
R사	1	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.192
	2	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.191
	3	기계/설비의 자동화	0.089
	4	작업자들의 정기적인 건강검진을 시행	0.066
	5	작업자의 건강상태를 수시로 체크하여 적당한 종류와 양의 작업을 배분	0.058
S사	1	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.265
	2	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.239
	3	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.153
	4	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.148
	5	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.146
T사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.511
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.204
	3	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.125
	4	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.077
	5	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.074
U사	1	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.451
	2	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.439
	3	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육을 실시	0.343
	4	화재, 감전사고를 예방할 수 있는 안전장치를 설치	0.121
	5	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.083

위의 결과에서 21개업체중 14개 업체(A, B, C, E, F, H, I, M, N, O, P, R, S, T사) 즉, 조사업체의 66.7%가 최상위 계층의 원인들인 인간적인 측면, 기계적인 측면, 작업적인 측면, 관리적인 측면들중 인간적인 측면에서 발생하는 원인들이 위험기계사고원인중 가장 많은 부분을 차지한다고 답했으며, 1개 업체(Q사)가 기계적인 측면을, 2개 업체(G, J사)가 작업적인 측면을, 3개 업체(D, L, U사)가 관리적인 측면을 위험기계사고의 중요한 원인으로 꼽았다. 그리고 K사는 기계적인 측면과 작업적인 측면을 동시에 위험기계사고의 중요한 원인으로 꼽았다. 따라서 이

러한 결과를 바탕으로 설문응답회사를 아래와 같이 4개의 그룹, 위험기계사고의 원인으로 인간적인 측면을 강조한 회사, 기계적인 측면을 강조한 회사, 작업적인 측면을 강조한 회사, 관리적인 측면을 강조한 회사 등으로 나누어 각 그룹에 속해 있는 회사들의 그룹의사결정 결과를 분석하여 각 그룹에서 가장 중요한 원인과 시급한 대책은 무엇인지를 분석해 보았다. K사는 기계적인 측면을 강조한 회사와 작업적인 측면을 강조한 회사에 공통적으로 포함시켜 분석하였다.

(1) 인간적인 측면을 강조한 회사

21개 업체들중 14개 업체(A, B, C, E, F, H, I, M, N, O, P, R, S, T사)가 인간적인 측면을 위험기계사고의 가장 중요한 원인으로 꼽았다. 이들 14개 업체의 그룹의사결정에 의해 분석된 상위 10개 원인들은 다음과 같다.

표 4-10 인간적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 원인

순 위	원 인	가중치
1	작업중 다른생각	0.152
2	원만치 못한 인간관계	0.149
3	원활한 의사소통의 부재	0.076
4	작업의 단조로움으로 인한 지루함	0.070
5	무의식적인 착각	0.059
6	의도적인 생략행위	0.052
7	안전교육의 미 실시	0.050
8	안전관리조직/규정의 불비	0.043
9	피로	0.039
10	라인불균형으로 인한 작업량 증가	0.025

즉, 인간적인 측면을 가장 중요한 위험기계사고의 원인이라고 선정한 업체들은 세부원인들중에서는 작업중 다른생각을 가장 중요한 원인으로 선정했으며, 다음으로는 원만치 못한 인간관계, 원활한 의사소통의 부재, 작업의 단조로움으로 인한 지루함, 무의식적인 착각 등의 순으로 중요한 원인들을 선정했다.

표 4-11 인간적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 대책

순 위	대 책	가중치
1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.333
2	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.149
3	카운셀러의 양성 또는 채용	0.097
4	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.090
5	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.050
6	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시	0.049
7	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.048
7	생산성보다는 안전의 중요성을 작업자들에게 주지	0.048
9	정기적인 작업의 변경	0.047
10	안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정	0.043

인간적인 측면을 가장 중요한 위험기계사고의 원인이라고 선정한 업체들에 대해 중소기업체의 안전관리업무를 대행하는 산업안전관리대행업체의 종사자 3명은 위와 같이 위험기계사고에 대한 대책으로 지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지시키는 것이 가장 시급한 대책이며, 그 다음으로는 많은 회식자리와 소모임 등의 활성화, 카운셀러의 양성 또는 채용, 노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최, 작업자의 신규채용시·작업내용 변경시·새로운 방호장비의 설치시·새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시 등의 순으로 시급한 대책들을 꼽았다.

(2) 기계적인 측면을 강조한 회사

21개 업체들중 2개 업체(K, Q사)가 기계적인 측면을 위험기계사고의 가장 중요한 원인으로 꼽았다. 이들 2개 업체의 그룹의사결정에 의해 분석된 상위 10개 원인들은 다음과 같다

표 4-12 기계적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 원인

순 위	원 인	가중치
1	기계작업의 자동화미비	0.147
2	안전장치의 점검의 미비	0.094
3	기계/설비의 점검의 미비	0.087
4	라인불균형으로 인한 작업량 증가	0.084
5	안전교육의 미실시	0.044
6	잘은 작업점에서의 접근	0.043
7	기계고장	0.040
8	원만치 못한 인간관계	0.039
9	부적절한 기계/설비의 구조	0.034
9	작업중 다른생각	0.034

즉, 기계적인 측면을 가장 중요한 위험기계사고의 원인이라고 선정한 업체들은 세부원인들중에서는 기계작업의 자동화미비를 가장 중요한 원인으로 선정했으며, 그 다음으로 안전장치의 점검의 미비, 기계/설비의 점검의 미비, 라인불균형으로 인한 작업량 증가, 안전교육의 미 실시 등의 순으로 중요한 원인들을 선정했다.

표 4-13 기계적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 대책

순 위	대 책	가중치
1	기계/설비의 자동화	0.169
2	정기적인 기계/설비의 점검	0.127
3	기계/설비를 자동화하도록 융자금이나 보조금 지원	0.100
4	안전장치의 정기적인 점검	0.094
5	Line Balancing을 통해 작업자의 수를 적정배치	0.084
6	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.058
7	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시	0.052
8	기계/설비의 제작시 안전장치를 설치후 출고 권장	0.051
8	검사필한 위험기계제조업체의 기계/설비를 사용	0.051
10	병목작업을 자동화	0.047

또한 가장 시급한 대책으로는 기계/설비의 자동화를 선정했으며, 다음으로는 정기적인 기계/설비의 점검, 기계/설비를 자동화하도록 융자금이나 보조금 지원, 안전장치의 정기적인 점검, Line Balancing을 통해 작업자 수의 적정배치 등의 순으로 시급한 대책들을 꼽았다.

(3) 작업적인 측면을 강조한 회사

21개 업체들중 3개 업체(G, J, K사)가 작업적인 측면을 위험기계사고의 가장 중요한 원인으로 꼽았다. 이들 3개 업체의 그룹의사결정에 의해 분석된 상위 10개 원인들은 다음과 같다.

표 4-14 작업적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 원인

순위	원인	가중치
1	라인불균형으로 인한 작업량 증가	0.160
2	안전교육의 미 실시	0.087
3	원만치 못한 인간관계	0.068
4	잦은 작업점에서의 접근	0.048
4	과다한 힘의 사용	0.048
6	과다한 주문으로 인한 작업량 증가	0.046
7	부적절한 기계/설비의 구조	0.040
8	안전관리조직/규정의 불비	0.038
9	기계작업의 자동화미비	0.036
10	기계/설비의 점검의 미비	0.035

즉, 작업적인 측면을 가장 중요한 위험기계사고의 원인이라고 선정한 업체들은 세부원인들중에서는 라인불균형으로 인한 작업량 증가를 가장 중요한 원인으로 선정했으며, 그 다음으로 안전교육의 미 실시, 원만치 못한 인간관계, 잦은 작업접에의 접근, 과도한 힘의 사용 등의 순으로 중요한 원인들을 선정했다.

표 4-15 작업적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 대책

순위	대책	가중치
1	Line Balancing을 통해 작업자의 수를 적정배치	0.160
2	병목작업을 자동화	0.089
3	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.087
4	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.084
5	기계/설비의 자동화	0.082
5	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시	0.082
7	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.068
8	정기적인 기계/설비의 점검	0.058
9	검사필한 위험기계제조업체의 기계/설비를 사용	0.054
9	기계/설비의 제작시 안전장치를 설치후 출고 권장	0.054

또한 가장 시급한 대책으로는 Line Balancing을 통해 작업자의 수를 적정 배치하는 것이 선정되었으며, 다음으로는 병목작업을 자동화, 작업자의 신규채용시·작업내용 변경시·새로운 방호장비의 설치시·새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시, 비전문가가 아닌 안전관리자에 의한 교육의 실시, 기계/설비의 자동화 등의 순으로 시급한 대책들이 선정되었다.

(4) 관리적인 측면을 강조한 회사 :

21개 업체들중 3개 업체(D, L, U사)가 관리적인 측면을 위험기계사고의 가장 중요한 원인으로 꼽았다. 이들 3개 업체의 그룹의사결정에 의해 분석된 상위 10개 원인들은 다음과 같다.

표 4-16 관리적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 원인

순위	원인	가중치
1	안전교육의 미 실시	0.432
2	안전관리조직/규정의 불비	0.065
3	원만치 못한 인간관계	0.051
4	적성배치의 부적절	0.047
5	화재/감전의 위험	0.045
6	작업공간의 정리/정돈의 미 실시	0.037
7	부하에 대한 지도/감독의 부족	0.035
8	부적절한 환기	0.033
9	의도적인 생략행위	0.030
10	라인불균형으로 인한 작업량 증가	0.024

즉, 관리적인 측면을 가장 중요한 위험기계사고의 원인이라고 선정한 업체들은 세부원인들중에서는 안전교육의 미실시를 가장 중요한 원인으로 선정했으며, 그 다음으로 안전관리조직/규정의 불비, 원만치 못한 인간관계, 적성배치의 부적절, 화재/감전의 위험 등의 순으로 중요한 원인들을 선정했다.

표 4-17 관리적인 측면을 강조한 업체들의 상위 10개 대책

순위	대책	가중치
1	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.432
2	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.420
3	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시	0.394
4	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.066
5	안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정	0.065
6	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.051
7	작업자 신규채용시 작업자의 적성을 파악하여 적성에 맞는 작업에 배치	0.047
8	화재/감전사고를 예방할 수 있는 안전장치를 설치	0.045
9	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.042
10	5S 운동의 추진	0.037

또한 가장 시급한 대책으로는 작업자의 신규채용시·작업내용 변경시·새로운 방호장비의 설치시·새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시가 선정되었으며, 그 다음으로 비전문가가 아닌 안전관리자에 의한 교육의 실시, 사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시, 지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지, 안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정을 하는 것등이 시급한 대책으로 선정되었다.

4.5.2 등근톱

설문조사한 24개 업체들중 등근톱을 사용하는 업체는 1개이며, 이를 V사로 표시한다. V사의 인간적인 측면, 기계적인 측면, 작업적인 측면, 관리적인 측면의 가중치는 다음과 같다.

표 4-18 등근톱을 사용하는 업체의 최상위 원인의 가중치

원인	작업	기계	인간	관리
순위	1	2	3	4
가중치	0.46	0.28	0.20	0.06

V사는 가장 중요한 원인으로 작업적인 측면을 꼽았으며, 그 다음으로 각각 기계적인 측면, 인간적인 측면, 관리적인 측면을 꼽았다.

V사의 상위 10개 세부원인들과 상위 10개 대책들은 다음표와 같다.

표 4-19 등근톱을 사용하는 업체의 상위 10개 원인

순위	원인	가중치
1	과다한 힘의 사용	0.172
2	원만치 못한 인간관계	0.113
3	부적절한 기계/설비의 구조	0.068
4	동시작업으로 인한 부주의	0.060
5	기계작업의 자동화미비	0.055
6	작업공간의 정리/정돈의 미 실시	0.047
7	안전교육의 미 실시	0.035
8	필요시 동력 미 차단	0.034
9	부적절한 소음	0.033
10	라인불균형으로 인한 작업량 증가	0.030

등근톱을 사용한 V사는 세부원인들중에서 과다한 힘의 사용을 가장 중요한 원인으로 선정했으며, 그 다음으로 원만치 못한 인간관계, 부적절한 기계/설비의 구조, 동시작업으로 인한 부주의, 기계작업의 자동화미비 등의 순으로 중요한 원인들을 선정했다.

표 4-20 등근톱을 사용하는 업체의 상위 10개 대책

순위	대책	가중치
1	적합한 수공구나 기계를 사용	0.172
2	많은 회식자리와 소모임 등의 활성화	0.113
3	기계/설비의 제작시 안전장치를 설치후 출고 권장	0.086
4	검사필한 위험기계제조업체의 기계/설비를 사용	0.065
4	기계/설비의 자동화	0.065
6	가능한한 동시작업을 피하도록 작업을 배분	0.060
7	위험기계의 기종별 특성을 고려한 최적의 안전장치를 제작하도록 기술의 연구와 개발을 지원	0.052
8	5S 운동의 추진	0.047
9	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.046
9	동시작업시 해당작업이나 기계에 대해 책임을 선정	0.046

그리고 대책으로는 적합한 수공구나 기계의 사용을 가장 시급한 대책으로 선정했으며, 그 다음으로 많은 회식자리와 소모임 등의 활성화, 기계/설비의 제작시 안전장치를 설치후 출고 권장, 검사필한 위험기계제조업체의 기계/설비를 사용, 기계/설비의 자동화 등의 순으로 시급한 대책들을 선정했다.

4.5.3 로울러

설문조사한 24개 업체들중 로울러를 사용하는 업체는 2개이며, 이를 각각 W, X사로 표시한다. 두 업체에 대한 최상위 계층의 원인에 속하는 인간, 기계, 작업, 관리 각각의 가중치와 최하위 계층의 원인들중 상위 5개 원인들에 대한 가중치, 그리고 상위 5개 대책들에 대한 가중치는 다음표와 같다.

표 4-21 로울러 사용업체들의 최상위 계층과 최하위 계층의 세부원인에 대한 가중치

회사	최상위 원인			최하위 원인		
	순위	원인	가중치	순위	원인	가중치
W사	1	인간	0.47	1	작업중 다른생각	0.142
	2	작업	0.21	2	안전교육의 미실시	0.081
	3	관리	0.18	3	무의식적인 착각	0.073
	4	기계	0.14	4	원활한 의사소통의 부재	0.064
				4	원만치 못한 인간관계	0.064
X사	1	관리	0.56	1	안전교육의 미실시	0.451
	2	작업	0.30	2	화재/감전의 위험	0.121
	3	인간	0.11	3	의도적인 생략행위	0.057
	4	기계	0.03	4	좁은 작업점에서의 접근	0.052
				4	작업공간의 정리/정돈의 미실시	0.052

표 4-22 로울러 사용업체들의 상위 5개 대책에 대한 가중치

회사	순위	대책	가중치
W사	1	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.291
	2	카운셀러의 양성 또는 채용	0.091
	3	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.081
	4	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.079
	5	노사간의 혹은 작업자간의 정기적인 회의 개최	0.075
X사	1	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.451
	2	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 제대로 된 교육을 실시	0.439
	3	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육을 실시	0.343
	4	화재, 감전사고를 예방할 수 있는 안전장치를 설치	0.121
	5	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.083

두 업체의 결과를 그룹의사결정을 통해 분석해 본 결과 상위 10개의 세부원인
과 대책들은 다음과 같다.

표 4-23 로울러 사용업체들의 상위 10개 원인

순위	원인	가중치
1	안전교육의 미실시	0.227
2	의도적인 생략행위	0.079
3	작업중 다른생각	0.073
4	안전관리조직/규정의 불비	0.063
5	적성배치의 부적절	0.050
6	화재/감전의 위험	0.048
7	잘은 작업절에의 접근	0.039
8	원만치 못한 인간관계	0.038
9	작업공간의 정리/정돈의 미실시	0.034
10	무의식적인 착각	0.030

로울러를 사용하는 2개 업체들은 위의 표와 같이 안전교육의 미실시를 가장 중
요한 원인으로 선정했으며, 그 다음으로는 의도적인 생략행위, 작업중 다른생각,
안전관리조직/규정의 불비, 적성배치의 부적절 등의 순으로 중요한 원인들을 선정
했다.

표 4-24 로울러 사용업체들의 상위 10개 대책

순위	대책	가중치
1	작업자의 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 방호장비의 설치시, 새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시	0.227
2	비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 공식적인 교육을 실시	0.221
3	지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지	0.202
4	사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시	0.183
5	생산성보다는 안전의 중요성을 작업자들에게 주지	0.073
6	올바른 작업순서나 작업방법을 규정	0.071
7	안전관리조직을 구성하고 안전관리규정을 제정	0.063
8	작업자 신규채용시 작업자의 적성을 파악하여 적성에 맞는 작업에 배치	0.050
9	화재, 감전사고를 예방할 수 있는 안전장치를 설치	0.048
10	카운셀러의 양성 또는 채용	0.047

그리고 대책으로는 작업자의 신규채용시·작업내용 변경시·새로운 방호장비의 설치시·새로운 기계/설비의 도입시 안전교육 실시가 가장 시급한 대책으로 선정 되었으며, 그 다음으로는 비전문가가 아닌 안전관리자를 통해 공식적인 교육을 실시, 지속적인 교육을 통해 작업의 위험성을 주지, 사업주와 관리자에 대해 정기적인 안전의식교육 실시 등이 시급한 대책으로 선정되었다.

5. 결론 및 제언

이제까지 우리 나라에서의 프레스등 위험기계관련 재해로 인한 피해는 실로 막심하였다. 이들 위험기계관련 재해는 주로 영세중소기업체에서 발생하였는데 원인으로서는 기업규모의 취약성으로 인한 생산설비의 노후화 및 자동화시설의 미비, 안전설비의 미비, 중소기업의 특성상 어쩔 수 없이 발생하는 다품종소량생산형태, 내실 있는 안전관리의 부재 등을 꼽을 수 있다. 이외에도 만약 100인의 안전전문가들에게 위험기계관련 재해의 원인을 꼽으라면 100개 이상의 원인이 제시될 것이다. 이와 같이 여러 영세중소기업에서 동시다발적으로 발생하는 위험기계관련 재해의 원인은 매우 복잡하고 따라서 각각에 대한 총체적인 안전대책을 단시간 내에 개발하는 것은 매우 어려운 일이다.

그러나 이러한 난제들이 산적해있다고, 어느 부분을 먼저 시작해야되는지를 모른다고, 그리고 사회의 안전에 대한 전반적인 분위기가 아직 충분히 성숙되지 못하였다고 방관만 하고 있다면 산업재해로 인한 피해는 날로 막심해지기만 할 것이다. 물론 이제까지 위험기계관련 재해의 예방을 위한 안전대책이 없었던 것은 아니다. 2장에서 언급한 바와 같이 위험기계에 대한 방호장치기술은 그 동안 많은 발전을 해 왔다. 특히 구미 선진국이나 일본 등에서 제작하고, 쓰이는 요즈음의 방호장치기술은 실로 최첨단이라고 아니할 수 없다. 하지만 이런 나라들에서도 위험기계관련 재해율이 어느 정도 떨어졌다고는 하지만 아직도 매년 적지 않은 건수의 재해가 발생한다는 것은 무슨 의미인가 생각해 보지 않을 수 없다. 그에 대한 해답은 한 마디로 말해서 이제까지의 첨단방호장치라는 것이 장치의 기술적인 개념에 너무 치중한 나머지 예외성이 많고, 많은 종류의 오류를 범하는 인간의 특성, 즉 작업이 인간-기계시스템(human-machine system)에서 이루어진다는 사실을 많이 간과하였다고 보여진다. 따라서 본 연구에서는 위험기계제조회사 또는 감독 및 안전관리 대행기관의 측면에서가 아닌 실제 현장과 거기 있는 작업자들에게서 흔히 발생할 수 있는 재해의 요인, 특히, 인적요인에 중심을 두어 조사를 수행하고 그들이 말하는 위험요인들에 대한 안전대책 내지는 그 대책을 도출하기 위한 방법 및 방향을 제시하고자 하였다.

5.1 위험기계재해의 일반적인 원인

본 연구에서 수행한 실태조사를 통하여 조사된 회사에서 겪은 사고의 상황과

해당 위험기계에는 많은 경험을 갖춘 중간관리자들로부터 수집한 데이터들을 토대로 사고에 있어서 몇 가지 공통적인 경향을 정리할 수 있었다. 사고발생의 주시간대는 퇴근 2~3시간 직전으로 나타났는데 이것은 보통 일률적으로 오전, 오후 10분씩의 휴식과 40~50분 정도의 점심시간 등 총 60~70분의 휴식시간이 작업으로 인한 육체적 피로를 극복하기에 충분치 않은 결과라고 사료되며 더구나 정신적인 피로를 고려하면 더더욱 그러하다. 일반적으로 인간이 하는 작업의 생리적 한계는 어떤 종류의 작업이냐에 따라 달라지게 되는데 평지에서 시속 9km로 자전거를 8시간 탈 경우의 필요한 최소 휴식시간은 약 75분 정도이다. 따라서 위험기계작업도 작업종류가 무엇이냐에 따라 80분보다 긴 휴식시간이 필요할 수도 있다. 더구나 75분이라는 휴식시간은 보통사람의 경우, 8시간 일할 동안에 에너지 제한성과 정의 1/3은 유기성으로 2/3은 무기성으로 이루어진다는 지극히 정상적인 인간을 토대로 하였으므로 사람에 따라 산소소비능력이 상대적으로 떨어져서 무기성과정 에 대한 의존도가 높은 사람에게는 더 긴 휴식시간이 필요하다. 물론 개개인 작업자에 대한 생리적인 능력을 모두가 평가할 수는 없지만 위험기계의 몇 몇 전형적인 작업에 대하여는 분당에너지소비량 등을 표준화하여 거기에 알맞은 휴식시간의 설정이 필요하다고 사료된다.

재해를 입은 작업자의 나이와 근속년수를 살펴보았을 때 나이별로는 20~30대, 근속년수별로는 3년미만에서의 재해빈도가 전체의 반이상을 차지하였다. 이것은 전반적으로 효율적인 안전교육훈련의 부재 및 적성검사의 미실시의 결과라고 생각된다. 또한 이런 문제를 해결하기 위하여서는 위험기계를 사용하는 작업의 성격 등이 확실히 정립되어야 할 것이다. 상해부위별 사고분포에서는 1지(엄지손가락)와 2지(검지손가락)에서의 상해가 거의 대부분을 차지하였다. 이것은 손가락 기능의 특성상 어쩔수 없는 사항이라고 볼 수 있으나 프레스 작업의 경우 금형의 구조 및 설치방법과도 많은 관계가 있다. 여러 현장전문가들의 의견을 종합하여 볼 때 너무 오래된 금형이 아직까지도 많이 남아있고 금형 설계에 있어서 안전에 대한 개념이 별무하다고 알려져있다. 이런 관점에서 볼 때 금형 구조 및 금형 설계에 대한 해당전문가의 본격적인 연구가 필요하며 그 결과로 금형 구조 및 설계에 대한 법적인 안전지침이 제시되어야 하며 그것이 위험기계검사항목에 추가되어야 할 것이다.

발생시점 및 기인물상태별로 보면 가공을 할 때 기계는 정상작동이었고 안전장치를 제거한 상태에서의 사고가 전체전수의 약 70%이상을 차지하였다. 이는 기계나 방호장치등의 물적인 원인보다는 부주의, 안전의식의결여, 교육 및 관리미비등

의 인적원인의 결과라고 생각된다. 미사고자의 면담을 통해서도 그들이 가까스로 사고를 피한 경험에 대해서는 그 이유를 부주의 및 실수를 제일 큰 원인으로 꼽았다. 특히 그 동안 꾸준히 보급된 방호장치를 제거하고 작업을 하다가 사고가 많이 발생한다는 사실은 앞으로의 안전관리대책설정에 시사하는 바가 크다고 할 수 있다. 이런 관점에서 볼 때 무엇보다도 먼저 사업주와 작업자의 전반적인 안전의식의 고취를 우선적으로 고려해야 한다. 이것을 성취하기 위해서는 안전에 대한 동기유발을 할 수 있는 효율적인 교육방법 및 관리대책이 절실하다. 교육방법에 대해서는 이제까지 틀에 박힌 내용과 형식에서 벗어난 참신한 교육프로그램의 끊임없는 개발이 중요하다. 단순히 내용의 변화뿐만 아니라 근본적으로 교육공학적인 측면에서 현존하는 안전교육프로그램들을 평가하고, 개선하는 과정을 계속적으로 거쳐서 우리실정에 맞는 교육프로그램을 도출하여야 한다. 이런 교육기법과는 별도로 관리적인 측면도 심도 있게 고려되어야 할 문제이다. 소그룹활동, 5S, TPM(설비보전), 100ppm같은 생산성향상이나 경영 혁신과 같은 관리기법을 작업자 개개인의 자율적이고 체계적인 안전관리의 근본바탕으로 삼는 것도 바람직할 것이다. 본 연구에서 조사된 업체들은 주로 100인 이하의 작업자를 가진 중소기업인 관계로 이런 기법들을 실행하거나 받아들일 만한 풍토가 조성되어 있지 않은 경우가 많이 있었다. 하지만 업체들의 경험 많은 중간관리자들이 꼽는 관리적인 측면에서의 잠재적인 사고의 주요 원인들 중 첫째는 주변정리 미흡이고 둘째는 자율적인 안전관리분위기의 비조성이었다. 그들의 이러한 의견들은 자율적인 안전관리를 위한 새로운 관리기법의 필요성을 의미한다고 볼 수 있다.

Logistic Regression을 이용한 작업환경에 관련되는 물리적 요인에 대한 평가에서는 50여개의 잠재위험요인에 대하여 핵심위험요인도출(screening)과정을 거쳐서 최종적으로 10개의요인이 남았는데 그 요인들에 대하여 2차 screening과정을 거쳤다. 이것을 통하여 물리적인 작업환경에 대한 객관적이고 근거 있는 평가서(checklist)를 개발하기 위한 공식적인 과정을 제시하였다.

2차핵심요인 도출과정까지 고려된 요인들을 살펴보면 작업자세, 방호장치유무, 사이클타임, 작업대높이 등은 통계적으로 전혀 유의하지 않았다. 반면에 나머지 요인들은 2차과정에서도 통계적으로 유의하거나 유의한 경향을 보였다. 먼저 자동이송장치의 유무에 대해서는 설치가 안된 기계가 설치되어있는 기계보다 사고의 발생이 많았던 것으로 나타났다. 특히 프레스의 경우 가공 중에서도 취출부분이 제일 위험한 작업부분이라고 대다수의 다경험전문가들이 언급하였고 클러치 페달 사용여부에 관하여서는 페달로 기계를 작동할 때가 양수조작으로 작동할 때보다

약 2배의 위험도를 가지는 것으로 나타났다. 이 부분에 대해서도 대다수의 다경험 전문가들이 많은 언급을 하였는데 첫째는 페달의 불안정에 관한 것이었다. 물론 제일 먼저 편 클러치 종류인가 마찰클러치 종류인가가 매우 중요하다고 하였고 그 밖에도 페달유격의 불균일등을 문제의 원인으로 들었다. 일반적으로 위험기계 작업을 하는 업체에서는 한 작업자가 작업의 성격상 여러 기계를 옮겨 다니면서 하는 경우가 많은데 클러치유격에 대한 착각으로 우발적으로 페달을 밟아서 사고가 발생하는 경우가 많이 있었다. 이렇게 본의 아니게 페달을 밟게 되는 경우는 그 밖에도 여러 가지 상황이 있을 수 있는데 이것을 해결하기 위한 방법중의 하나는 다단계페달 혹은 "Redundancy" 개념의 페달을 생각할 수 있다. 페달을 한번 밟는 것으로 작동시키는 것이 아니라 2단계, 3단계로 만들거나 양수조작방법과 같은 개념으로 페달을 밟는 것과 동시에 또다른 장치를 페달과 함께 작동시켜야 기계 전체가 작동되도록 하는 것이다. 자석집계등의 수공구 사용여부는 작업의 성격에 따라 영향을 받을 수 있지만 수공구를 기계주위에 비치 못한 작업상황이 비치한 작업상황보다 위험도가 약 3.5배정도 높은 것으로 나타났다. 그밖에도 통계적으로 유의하지는 않았지만 작업대높이, 계기판높이 및 배열 등의 작업의 물리적인 환경요인들은 좀 더 심도 있게 연구되어야 할 부분이라고 생각된다. 정기점검시, 작업자의 활동공간, 작업대의 높이 등을, 인간공학적으로 설계할 때 필요한 몇몇 인체 계측치를 우리 나라의 위험기계작업자들을 대상으로 측정하여 개발한 작업환경관련규격을 법으로 제정하고 그에 따르도록 해야 할 것이며 기계에 부착되어 있는 계기판등의 배열은 인간의 양립성(compatibility)을 최대로 만족시키는 것으로 표준화시켜야 한다. 근속년수 1년미만의 미숙련자들의 사고발생율이 상대적으로 높은 원인들 중의 하나가 계기판 혹은 기타 작업공간에서 발생하는 오류라고 추정되기 때문이다.

이와 같은 작업환경관련 위험요인에 대해서는 좀 더 장기적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 공식적인 위험도예측 평가서(checklist)개발의 1차과정을 제시하였는데 성격상 경험적이기 때문에 이런 과정은 장기적으로 2차, 3차 계속 이어져야만이 신뢰도 있는 평가서를 개발할 수 있다. 다시 말해서 좀 더 많은 위험기계 및 작업자를 근거로한 데이터를 토대로 하여야 한다. 특히 본 연구에서 적용한 Logistic 모델은 상대적인 정량적 위험도, 즉 교차비(odds ratio)를 산출하기 때문에 궁극적으로는 점수화된 위험도 평가서(checklist)를 도출할 수 있다.

끝으로 일반작업자들을 대상으로 일대일로 행한 설문조사에서는 주로 심리적인 설문내용에 있어서 사고를 경험한 사람과 경험하지 않은 사람에 있어서 통계적으

로 유의한 차이를 보였다. 특히 사고를 경험한 작업자들을 대상으로 분석한 결과, 근래에 사고를 경험하여 현재 병원에 입원해 있는 사람과 다시 현장에 복귀하여 일을 하고 있는 사람들에게서는 사고자와 비사고자를 비교한 경우보다 더 많은 설문내용에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이런 결과는 예상하지 못한 것으로 사고를 당한 사람이라도 시간이 지남에 따라 사고에 대한 느낌, 감각 등이 많아 약화되었기 때문이라고 사료된다. 앞서 언급한 바와 같이 자율적인 안전관리, 끊임없는 교육 등이 이런 문제에 대한 대안이 될 것이다.

5.2 세부적인 원인 및 안전대책

연구기간동안 축적한 데이터로부터 도출한 사고의 원인과 각각에 대한 대응대책들을 좀 더 세분하고 체계화하기 위하여 위험기계관련재해를 계층구조로 구성하여 분석하였다. 앞 장들에서 살펴본 바와 같이 재해의 원인과 대책들은 복잡다단하고 상황에 따라서는 미묘하기까지 하다. 실태조사의 이러한 특성 때문에 계층구조분석(AHP분석)을 이용하여 원인과 대책을 좀 더 세분화하고 체계적으로 구성할 필요가 있었는데, 우리 나라에서 발생하는 재해의 주변상황을 고려해 볼 때, 이 계층구조분석은 최적의 적용기법이라고 판단되었다. 특히 이제까지의 재해에 대한 평가방법과 안전대책이 거의 모든 해당작업장에 일률적으로 적용되었기 때문에 그것을 받아들이는 입장에서는 현실적이지 못하다고 생각되거나 심지어는 추상적이기까지 하였던 것에서 탈피하여 각 작업장이나 작업자들에게 현실적으로 제일 알맞은 대책을 다양하게 제시하고자 하였다. 더 나아가서는 계층구조분석과정을 사용자위주로 프로그램화하여 현장에서 자체적으로 위험기계에 대한 사고유발가능성이 있는 원인을 진단하고, 그에 대한 대책을 마련하고 계속 데이터를 축적해 나갈 수 있는 객관적인 툴을 제시하였다.

본 연구에서는 이 계층구조분석을 위하여 위험기계경력 10년 이상의 작업자와 일선안전관리 대행자등 총 65명이 참여하였는데 그들의 의견을 토대로 하여 1차적 재해의 원인에 따른 세부원인들의 우선도와 대응대책을 도출하였다.

5.2.1 프레스 및 전단기

5.2.1.1 인간적인 원인을 강조한 유형

이 유형은 전체분석결과 67%를 차지하였다. 이와 같이 대부분의 현장에서는 인간적인 원인을 재해발생에 있어서 제일 커다란 문제점으로 파악하고 있는 것으로 나타났다. 이 유형에서 제시하는 주요 세부원인과 안전대책을 종합해 보면 다음과 같다.

주요 위험원인

- 작업중 다른 생각
- 원만치 못한 인간관계 및 의사소통의 부재
- 작업의 단조로움으로 인한 지루함
- 무의식적인 착각
- 의도적인 생략행위
- 안전교육의 미 실시
- 피로

안전대책

- 작업의 위험성에 대한 지속적인 교육
- 노사간의 정기적인 회의 및 소모임의 활성화
- 카운셀러(상담자)의 채용
- 신규채용시, 작업내용변경시, 새로운 기계 및 방호장치 설치시
안전교육의 의무화
- 정기적인 작업의 변경

위의 대책들에 대한 구체적인 내용은 다음과 같다.

(1) 안전교육

보통 현장에서의 특히 영세중소기업에서의 안전교육은 거의 대부분의 내용이 새로운 작업에 대한 것으로 짜여져 있다. 구체적으로는 생산성을 어떻게 하면 향상시킬 것인가? 불량품을 어떻게 줄일 것인가? 등의 내용이 주류였고 안전자세를 매일매일 생활화하면서 심각하게 받아들이기 만한 내용은 없었다는 것이 일선현장에서의 작업자나 관리자들의 생각이었다. 이런 현재의 문제점을 해결하기 위하여는 다음과 같은 내용의 안전교육이 절실하다.

1)작업의 위험성에 대한 지속적인 교육이 중요하다. 3장의 인간공학설문에 대한 분석결과에서 언급한 바와 같이 그전에 사고를 당했던 사람일지라도 시간이 점점 흐를수록 사고자체의 심각성을 잊게 되는 경향을 보였는데 하물며 새로 채용된 작업자나 사고 미경험자들은 더욱더 그러할 것이다. 이를 위하여 각 현장 별로 그 동안의 사고사례 및 기타경험을 토대로 하는 참신하고 한편으로는 충격적인 내용을 지닌 교육프로그램과 계획이 필요하다. 또한 이런 프로그램이 자율적으로 이루어지게 될 때까지는 감독기관의 지속적인 평가와 지도가 필요하다.

2)작업자의 신규채용시, 작업내용변경시, 새로운 방호장비설치시, 그리고 새로운 기계/설비 도입시 종합적인 안전교육이 필요하다. 특히 영세중소기업의 위험기계 작업자들은 자신이 일하는 현장의 거의 모든 기계, 작업을 수행해야만 하므로 새로운 변화에 수반되는 안전에 관련된 사항은 모두 종합적으로 숙지하여야 한다. 그리고 신규채용자의 경우에는 정부차원에서 정부의 경비로 위험기계 업체에 채용되는 모든 미경험 채용자에게 실제 작업투입 1~2일전에 안전교육을 시키고 교육필증을 발행하는 것도 생각해 볼만한 제도이다.

3)일선안전관리자 뿐만 아니라 사업주나 기타 관리자들에 대한 안전교육이 외부 전문가들에 의해서 정기적으로 행하여져야 된다. 타율적인 안전관리가 아니고 자율적이 되도록 재해의 심각성, 특히 재해한전 발생의 경제적 파급효과, 생산성저하효과등을 강조한 프로그램이 필요하다. 따라서 아무리 영세한 회사라도 생산성과 안전을 동급으로 대할 수 있는 분위기가 절실하다.

4)이상과 같이 언급한 교육에 대하여는 앞으로 지속적인 교육공학적인 평가와 개선이 필요하다.

(2) 소그룹활동 및 카운셀링

인간적인 원인 중에서 부주의 다음의 중요도를 가지는 원인은 원만치 못한 인간관계 및 원활한 의사소통의 부재였다. 이것을 위한 대책으로는 보통 생산성향상, 품질혁신, 경영혁신등을 위하여 많이 적용되는 소그룹활동이다. 이 활동을 통하여 회사 전체의 안전분위기를 고조시키고 작업부서단위로 위험예지훈련등의 구체적인 방법 등을 적용하여 안전이라는 주제에 대하여 서로 경쟁하는 분위기를 조성시켜야 한다.

카운셀링 즉 심리상담도 인간관계나 의사소통에 관련된 문제점을 해결하기 위한 좋은 방법이라고 할 수 있다. 사고를 경험했던 사람들에 의하면 많은 경우에

있어서 사고 당시에는 공통적인 주변상황이 있었다고 한다. 여기서 말하는 공통적인 상황은 개인 또는 작업자가족의 문제에 대한 것들이었는데 이때 이 문제들에 대하여 누군가의 조언에 따라 생활의 중심을 찾고 안정된 마음으로 작업에 임하는 것은 작업자 자신을 위해서나 회사전체를 위해서 매우 바람직한 일이다. 경제적으로 넉넉지 못한 중소기업들의 경우에는 상담자를 공단별로 혹은 구역별로 상주시키는 것이 매우 효율적이라 사료된다.

(3) 작업순환

현대 산업재해의 큰 원인중의 하나는 작업의 전문화, 단순화이다. 이것은 육체적으로도 인간의 일정신체부위를 집중적으로 혹사할 뿐만 아니라 정신적으로도 작업의 단조로움으로 인한 지루함 등으로 작업자에게 악영향을 미칠 수있다. 이런 측면에서 작업순환은 인간공학적으로 흔히 제시되는 대안이다. 예를 들면 작업순환이란 기계가 5대 있는 작업장에서라면 한 작업자가 기계1에서 20분, 기계2에서 20분, ... , 그리고 기계5에서 20분씩 일하는 방법으로 조금씩 다른 일을 함으로써 일정한 신체부위에 대한 혹사를 경감시킬 수 있고 생산성은 조금 떨어지더라도 항상 새로운 기분으로, 또 어느 정도 긴장상태를 유지하면서 작업을 할 수 있게 된다.

5.2.1.2 관리적인 원인을 강조한 유형

이 유형은 전체결과중의 약 15%를 차지하였다. 관리적인 원인을 중시한 유형에서 도출된 주요 세부원인과 안전대책을 종합해 보면 다음과 같다.

주요세부원인

- 안전관리 조직 및 규정의 불비
- 원만치 못한 인간관계
- 자율적 안전관리의 부재
- 적성배치의 부적절
- 작업공간의 정리정돈 불량
- 의도적인 생략행위

안전대책

- 신규채용시, 작업내용 변경시, 새로운 기계 및 방호장치 설계시

안전교육실시

- 관리자에 대한 안전교육의 강화
- 자율안전관리제도의 활성화
- 작업자의 적성을 고려한 작업배정
- 5S, TPM, 100ppm과 같은 생산/경형혁신운동의 추진

관리적인 측면에서 중점을 두어야 할 내용은 다음과 같다.

(1) 자율안전관리의 정착

대기업에 있어서는 요즈음에 시작된 초일류기업 인증심사등으로 자율관리가 정착되기 시작하는 단계로 볼 수 있는데 영세 중소기업들인 경우에는 아직 요원하게 느껴진다. 하지만 인증을 받은 원청업체의 철저한 하청업체의 관리를 확대시키 나가면 좋은 성과가 있으리라 기대된다. 물론 관리조직 및 규정의 제정 등은 언뜻 보기에는 형식적으로 보이지만 안전의 생활화, 자율화의 첫 단계라 할 수 있다. 관련기관에서 중소기업에 대해서도 시행할 수 있는 인증심사 규정을 제정하는 것이 시급하다고 사료된다.

(2) 적성검사의 개발 및 실시

아무리 인간공학적으로 작업설계를 잘하고 관리체계가 잘 되어 있어도 몇몇 소수의 작업자들은 계속 불안전 행동을 할 수 있다. 이것은 적성과 관계되는 문제이다. 따라서 이런 종류의 작업자를 대비하여 위험기계작업에 대한 적성검사를 준비하고 채용전에 실시하는 것이 바람직하다.

(3) 5S, TPM(설비보전), 100ppm의 추진

이와 같은 혁신운동은 생산성 향상을 주로 염두에 두고 시작되었지만 재해예방의 측면에서도 매우 필요한 것이라 사료된다. 예를 들면 프레스의 경우 부주의로 인하여 페달을 밟았을 때는 주변이 복잡하고 정리가 잘 되지 못한 경우가 대부분이다. 따라서 이와 같은 운동은 자기자신과 작업장을 항상 돌아보는 것을 생활화함으로써 궁극적으로는 재해예방의 관점에서 긍정적인 영향을 미치게 된다. 단 이런 운동을 안전에 초점을 맞추어 조금 변경시키면 더욱 효율적이 될 것이라 사료된다.

5.2.1.3 작업적인 원인을 강조한 유형

이 유형은 전체 계층구조분석결과 약 10%를 차지하였다. 이 유형에 있어서 주요세부원인과 안전대책은 다음과 같다.

주요세부원인

- 라인불균형 및 과다한 주문으로 인한 작업량 증가
- 기계 및 설비의 부적절한 구조로 인한 일정신체부위의 작업점으로서의 불가피한 접근
- 자동화미비
- 안전교육문제
- 원만치 못한 인간관계

안전대책

- Line Balancing 기법을 이용한 작업자의 적정배치
- 병목작업의 자동화
- 정기적인 기계/설비의 점검
- 안전교육의 강화
- 기계설비/구조의 개선
- 작업 및 작업환경에 대한 정기적인 평가

위의 대책들 중에서 순수하게 작업적인 측면에서 중점적으로 시행해야 될 부분은 다음과 같다.

(1) 산업공학기법의 일반화

작업적인 측면에서 많이 언급된 원인중의 하나는 작업량 증가에 관한 것이었다. 이것은 보통 라인불균형, 과다한 주문 그리고 병목현상 등을 그 직접적인 원인으로 꼽고 있다. 이런 문제들은 흔히 산업공학의 일반적인 분야들 즉 작업관리, 생산관리 등에서 전형적으로 다루어지는 것들이다. 따라서 이런 기법들을 생산성향상만을 위한 것이라고 안전분야에서는 치부하고 말 것이 아니라 산업안전에 대한 근본적인 원인에 대한 해결기법으로 자리를 잡아야 한다. 이제까지 산업안전이라고 하는 것은 안전장치 혹은 위험기계의 기계적인 개념 등에만 관심을 두었으나 이러한 생산현장에서의 문제점, 즉 문제 발생 → 작업량 증가 → 육체적, 정신적 피로 → 사고발생과 같은 일련의 과정에서 알 수 있듯이 가장 근본적인 원인에

대한 대책도 산업안전문제와 직접 접목이 되어야 할 것이다. 따라서 관련정보기관의 이런 기법들에 대한 안전관리기법으로서의 수용과 자문지침 그리고 기본 교육 프로그램으로서의 설정이 필요한 시점이다.

(2) 기계/설비 구조의 개선

영세한 기업일수록 기계나 설비는 아직도 많이 낡은 것을 사용하는 것으로 나타났다. 이런 기계들일수록 오류를 쉽게 범하는 인간의 특성과 기계 및 기타 작업환경 등이 복합적으로 작용하여 재해를 발생시키기가 쉽다. 이 문제를 해결하기 위해서는 앞서 언급한 교육을 통한 인간의 내적 요인을 제어하기 위한 시도뿐만 아니라 기계설비의 구조 및 환경조건등을 인간에 맞추어 개선 및 설계하는 것도 매우 중요하다. 프레스의 경우에는 금형의 구조, 계기판의 배열, 작업대 높이, 페달의 구조 그리고 양수버튼의 구조 등을 인체계측학적, 신체역학적, 공업심리학적 측면에서의 본격적인 연구를 통하여 위험기계 제작회사나 사용자들에게 지침을 제시하는 것이 바람직하다. 실태조사를 통해서도 이런 종류의 문제점들이 실증적으로 도출되었는데 예를 들면 프레스 사고의 경우 1지와 2지의 높은 사고율은 금형구조설계와 그리고 불안정한 자세에서의 우발적으로 페달을 밟는 상황의 발생은 작업대와 페달구조와도 깊은 관련이 있는 것으로 보여진다.

(3) 작업 및 작업환경에 대한 정기점검

본 연구의 실태조사중에 작업환경에 대한 평가를 하였다. 5.1에서 언급한 바와 같이 물리적인 환경에 대한 정량적인 평가가 필요하다. 물론 이것은 장기간에 축적된 데이터를 근거로한 경험적인 연구를 통하여 도출된 신뢰성 있는 평가서에 의해 수행되어야 하므로, 평가서 개발을 위한 지속적인 연구가 절실하다. 궁극적으로 특정작업환경에 대해서 이 평가서를 이용하여 안전관리 점수로 평가하여 어느 부분이 얼마만큼 취약한지를 정기평가에 결정해 주어야 한다.

5.2.1.4 기계적인 원인을 강조한 유형

이 유형도 전체분석결과 중 약 10%를 차지하였다. 이 유형에서 위험의 우선도가 높은 원인과 안전대책을 종합해보면 다음과 같으며 대책에 대한 구체적인 내용은 그동안 노동부나 한국산업안전공단 등에서 꾸준히 제시해온 내용과 많은 부분이 일치하기 때문에 구체적인 설명은 생략하였다.

주요세부원인

- 자동화미비
- 기계 및 안전장치의 점검미비
- 기계의 오동작
- 부주의, 인간관계
- 안전교육문제

안전대책

- 기계/설비의 자동화
- 정기적인 기계/설비의 점검
- 기계설비 자동화를 위한 용자금 및 보조금 지원
- 안전장치점검방법의 확립
- Built-in 안전장치

이제까지의 안전장치는 기존의 기계에 새로 부착하는 경우가 많이 있었다. 따라서 작업자가 습관적으로 혹은 필요시 안전장치를 끄고 작업을 할 수가 있었는데 이를 방지하기 위하여 안전장치를 기계제작시에 기계의 한 부분으로 제작하여 기계를 끄지 않는 한 일반작업자들이 조작할 수 없도록 해야 한다.

5.2.2 등근톱

등근톱을 사용하는 업체에서의 주요원인에 대한 위험도는 작업, 기계, 인간, 관리의 순이었다. 프레스 및 전단기의 일반적인 경우와는 다르게 작업 및 기계요인의 중요도가 높은 것은 목공작업의 기계 및 작업특성과 관련이 깊기 때문인 것으로 보인다. 일반적으로 등근톱 작업은 재료가 길고, 이송에 힘이 많이 들며 기계는 고속회전인데 비해서 재료인 목재는 그 재질이 균일하지 못한 경우가 많이 있으며 다량의 목분이 발생한다. 이런 특성을 갖고 있는 등근톱작업의 안전에 관하여 AHP분석에 의하여 도출된 주요 세부원인 및 대책은 다음과 같다.

주요세부원인

- 과도한 힘의 사용
- 원만치 못한 인간관계
- 동시작업으로 인한 부주의

- 자동화미비
- 작업공간의 정리/정돈의 미실시
- 부적절한 소음
- 안전교육의 미실시

안전대책

- 적합한 수공구나 기계를 사용
- 소모임 등의 활성화
- 기계/설비의 자동화
- 가능한 한 동시작업을 피하도록 작업을 배분 및 동시작업시 책임자선정
- 위험기계의 기종별 특성을 고려한 안전장치에 대한 연구 및 개발지원
- 5S운동의 추진
- 소음원으로부터의 격리

위의 대책들에 대하여 특별히 중점적으로 고려해야 할 사항들은 다음과 같다.

(1) 재료취급에 대한 교육 및 수공구의 사용

본 연구의 둥근톱을 사용하는 회사에서 나타난 제일 큰 위험요인은 과도한 힘의 사용이었다. 일반적으로 재료(목재)의 무게가 무겁고 부피가 커서 기계작업이 외의 시간에도 손으로 재료를 들고, 옮기고 하는 등의 재료취급(manual material handling)에 꽤 많은 에너지소비를 하게 된다. 따라서 그 결과로 실제 둥근톱 작업시에는 충분한 힘을 쓰지 못하게 되는 경우가 많으며 이렇게 재료에 대한 제어능력이 부족할 시에 사고가 자주 일어나게 된다. 특히 둥근톱작업은 다른 위험기계와는 달리 단발성 작업이 아니라 상대적으로 긴시간을 정적인 자세로 일을 해야 하기 때문에 많은 에너지소비로 인한 제어능력의 상실은 매우 위험한 상황을 초래할 수 있다. 따라서 재료를 다루는데 쓰이는 시간이 많은 이 둥근톱 작업자에 대하여 재료취급방법(manual material handling)에 대한 인간공학적 교육이 필요하다. 예를 들면 물건을 들어올릴 때 다리를 굽히는 자세를 취하라는지, 들어올리는 물건의 폭을 되도록 75cm정도로 만들라는지, 운반거리를 줄이고 몸을 틀어서 들어올리지 말라는지 그리고 재료의 부피가 너무 크고 손으로 잡을 때가 마땅치 않으면 J-hook나 double cup lifter등의 수공구를 사용하라는것 등을 말한다. 그리고 실제 둥근톱 작업시에는 손으로 재료를 작업대 위에서 밀거나 당기게 되는데

이 밀거나 당길때 드는 힘은 물체의 높이가 보통 1m이상 1.5m이하 일 때가 제일 적게 든다고 알려져 있다. 따라서 등근톱기계의 작업면의 높이도 여기에 맞추어 주는 것이 바람직하다.

(2) 소음원으로부터 격리

등근톱기계에서 발생하는 소음은 매우 크고 다른 기계와 음의 속성이 다르다. 특히 80dB이상에서 소음강도가 커지면 커질수록 연속적인 작업을 하는 경우에 있어서 제어능력은 떨어지고 주의력도 떨어지게 된다. 일반적으로 이런 상황에 이르면 생산성도 떨어지게 된다. 귀마개는 이런 환경에 간단하면서 매우 효율적이다. 이것의 종류로는 크게 귓구멍에서 중이(中耳)까지를 차단하는 것과 귀전체(外耳)를 감싸는 것이 있는데 등근톱환경에서는 저주파수나 고주파수의 소음에서 모두 높은 차단능력을 보이는 중이(中耳)까지 차단하는 형태가 바람직하다.

(3) 5S, TPM, 100ppm 운동의 추진

이와 같은 혁신운동은 생산성 향상을 주로 염두에 두고 시작되었지만 재해예방의 측면에서도 매우 필요한 것이라 사료된다. 이와 같은 운동은 자기자신과 작업장을 항상 돌아보는 것을 생활화함으로써 궁극적으로는 재해예방의 관점에서 긍정적인 영향을 미치게 된다. 단 이런 운동을 안전에 초점을 맞추어 조금 변경시키면 더욱 효율적이 될 것이라 사료된다.

(4) 기계/설비 구조의 개선

영세한 기업일수록 기계나 설비는 아직도 많이 낡은 것을 사용하는 것으로 나타났다. 이런 기계들일수록 오류를 쉽게 범하는 인간의 특성과 기계 및 기타 작업환경 등이 복합적으로 작용하여 재해를 발생시키기 쉽다. 이 문제를 해결하기 위해서는 앞서 언급한 교육을 통한 인간의 내적 요인을 제어하기 위한 시도뿐만 아니라 기계설비의 구조 및 환경조건등을 인간에 맞추어 개선 및 설계하는 것도 매우 중요하다.

5.2.3 로울러

로울러는 보통 울(guard)이나 급정지 장치 등의 방호장치를 갖추고 있으며 다른 위험 기계들에 비하여 자동화된 비율이 높다. 그래서 겉으로 보기에 프레스나 등근톱과 같은 기계에 비하여 덜 위험한 것처럼 느껴지기도 한다. 따라서 조사된 회사에서 나타난 위험원인들로는 인적요인들이 중심이 되었는데 실제 도출된 주요세부원인과 안전대책을 종합하면 다음과 같다.

주요세부원인

- 안전교육의 미 실시
- 의도적인 생략행위 및 작업중 다른 생각
- 화재/감전의 위험
- 잦은 작업점에서의 접근
- 원만치 못한 인간관계
- 작업공간의 정리/정돈의 미 실시
- 안전관리조직의 불비

안전대책

- 안전전문가의 체계적인 교육의 강화
- 작업자 신규 채용시, 작업내용변경시, 새로운 기계 및 방호장치설치시 안전교육
- 작업의 표준화
- 주의집중훈련
- 화재, 감전사고를 예방할 수 있는 안전장치설치
- 5S, TPM운동의 추진

위의 대책들에 대하여 좀 더 구체적인 대안으로서 고려할 수 있는 내용들은 다음과 같다.

(1) 주의집중훈련

로울러를 사용하는 업체에서 제일 위험한 원인들 중의 하나로 나타난 것은 의도적인 생략행위 및 작업중 다른 생각에 관한 것이었다. 특히 요즈음과 같이 자동화가 많이 된 작업현장에서는 너무 단조로운 내용의 작업으로 인한 의욕상실로 이런 현상이 자주 나타날 수 있다. 이 상황은 크게 두 가지로 대별될 수 있는데 첫째는 주의가 지나치게 한 곳에 집중되어 눈앞에 뻔히 보이는 위험을 간과하게 되는 것이고 둘째는 지나치게 주의가 흩어져서 작업에 집중이 되지 않는 경우이다. 특히 후자의 경우에는 작업에 관한 내용만을 교육시킬 것이 아니라 긴급상황을 대비해서 심리적인 훈련과정을 거듭하는 것도 효과적일 것이다.

(2) 5S 운동의 추진

특히 로울러기의 경우에는 전도위험의 방지를 위하여 주위 바닥이 평탄하고 기름, 돌출물 등의 장애물이 있으면 안 되므로 5S운동의 추진으로 항상 정리, 정돈된 작업환경을 갖추어야 한다.

(3) 작업의 표준화

영세중소기업에서 다품종 소량생산으로 인한 작업상황 즉, 한 작업자가 상황에 따라 필요한 기계로 다른 작업을 해야 할 때 보다 좋게, 보다 빠르게, 보다 안전하게 작업을 하기 위해서는 언제 어디서나 누구나 항상 같은 생산성과 안전성을 성취할 수 있도록 작업방법을 표준화하는 것이 필요하다. 그리고 표준화 후에는 매번 일과 기계가 바뀔 때마다 작업절차, 동작, 시간, 조건 등이 표준화된 작업지 도서가 발행되어야 한다.

(4) 안전교육

보통 현장에서의 특히 영세중소기업에서의 안전교육은 거의 대부분의 내용이 새로운 작업에 대한 것으로 짜여져 있다. 구체적으로는 생산성을 어떻게 하면 향상시킬 것인가? 불량품을 어떻게 줄일 것인가? 등의 내용이 주류였고 안전자체를 매일매일 생활화하면서 심각하게 받아들이기 위한 내용은 없었다는 것이 일선현장에서의 작업자나 관리자들의 생각이었다. 이런 현재의 문제점을 해결하기 위하여는 다음과 같은 내용의 안전교육이 절실하다.

- 1) 작업의 위험성에 대한 지속적인 교육이 중요하다. 3장의 인간공학설문에 대한 분석결과에서 언급한 바와 같이 그전에 사고를 당했던 사람일지라도 시간이 점점 흐를수록 사고자체의 심각성을 잊게되는 경향을 보였는데 하물며 새로 채용된 작업자나 사고 미경험자들은 더욱더 그러할 것이다. 이를 위하여 각 현장별로 그 동안의 사고사례 및 기타경험을 토대로 하는 참신하고 한편으로는 충격적인 내용을 지닌 교육프로그램과 계획이 필요하다. 또한 이런 프로그램이 자율적으로 이루어지게 될 때까지는 감독기관의 지속적인 평가와 지도가 필요하다.
- 2) 작업자의 신규채용시, 작업내용변경시, 새로운 방호장비설치시, 그리고 새로운 기계/설비 도입시 종합적인 안전교육이 필요하다. 특히 영세중소기업의 위험기계 작업자들은 자신이 일하는 현장의 거의 모든 기계, 작업을 수행해야만 하므로 새로운 변화에 수반되는 안전에 관련된 사항은 모두 종합적으로 숙지하여야 한다. 그리고 신규채용자의 경우에는 정부차원에서 정부의 경비로 위험기계 업체에 채용되는 모든 미경험 채용자에게 실제 작업투입 1~2일전에 안전교육을 시키고 교육필증을 발행하는 것도 생각해 볼만한 제도이다.
- 3) 일선안전관리자 뿐만 아니라 사업주나 기타 관리자들에 대한 안전교육이 외부 전문가들에 의해서 정기적으로 행하여져야 된다. 타율적인 안전관리가 아니고

자율적이 되도록 재해의 심각성, 특히 재해한건 발생의 경제적 파급효과, 생산
성저하효과등을 강조한 프로그램이 필요하다. 따라서 아무리 영세한 회사라도
생산성과 안전을 동급으로 대할 수 있는 분위기가 절실하다.

4)이상과 같이 언급한 교육에 대하여는 앞으로 지속적인 교육공학적인 평가와
개선이 필요하다.

5.3 결론 및 제언

신체장해 유발원인분석을 통한 프레스등 위험기계의 안전대책 연구의 결론 및 제언은 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 위험기계별(프레스 및 전단기, 등근톱, 로울러)로 핵심위험원인과 그에 대한 안전대책을 제시하였다. 프레스 및 전단기의 경우에는 인간적인 요인 및 그 대책이, 등근톱인 경우에는 작업 및 기계적인 요인 및 그 대책이 그리고 로울러에 대하여는 인간 및 관리적인 요인과 그 대책이 시급한 것으로 나타났다.

둘째, 본 연구중에서 제일 큰 업적은 산업재해문제를 계층구조분석(AHP)기법을 사용하였다는 데 있다. 위험기계관련재해의 상황을 분석하는 데 있어서 체계적인 분석기법이 별무한 상황에서 정량 및 정성분석을 모두 할 수 있는 AHP분석을 하였다. 특히 향후 위험기계관련재해에 대한 더 훌륭한 대책이 이 기법으로 분석될 것을 예상하여 보정가중치방법을 개발하였다.

셋째, 앞으로 계속 이 기법을 토대로 하여 데이터가 축적될 것을 가정하여 AHP에 대한 개념이 별로 없는 일선안전관리자나 사업주가 이 방법을 쉽게 쓸 수 있도록 사용자 위주 AHP프로그램을 개발하였는데 이것은 AHP자가분석프로그램과 현재까지 축적된 데이터베이스를 토대로 위험원인의 우선도와 그에 따르는 대책의 의사결정을 할 수 있는 프로그램으로 이루어졌다. 향후 이 프로그램이 전국의 위험기계업체와 관련 전문가들에게 배포되어 데이터를 축적한다면 그 결과를 토대로 매우 현실적이고 획기적인 안전대책이 구축될 것이다.

넷째, 현재까지 축적된 데이터에 대하여 AHP분석을 해본 결과 크게 네 가지 유형(인간, 기계, 작업, 관리)의 원인에 대한 우선도와 그에 따른 대책과 추진 방향이 제시되었다. 이제까지의 결과로 볼 때 교육의 개선 및 소그룹활동의 활성화가 대책으로서 매우 절실한 것으로 나타났다. 특히 교육의 경우에는 근본적으로 교육공학적인 측면에서 현존하는 안전교육프로그램들을 평가하고, 개선하는 과정을 지속적으로 거쳐서 각각의 특성에 맞는 교육프로그램을 개발하는 것이 바람직하다.

다섯째, 실태조사와 AHP분석을 통하여 얻은 결과는 전반적으로 위험기계관련재해는 대부분의 기계나 방호장치 자체의 문제 등의 물적인 원인이라기 보다는

기계와 하나의 시스템을 이루고 있는 인간의 특성과 매우 깊은 관련이 있는 것으로 나타났다.

여섯째, 작업환경의 물리적인 요인에 대한 평가서(checklist)를 개발하기 위하여 Logistic Model이 적용되었다. 제한된 시간 내에 수집한 한정된 데이터를 토대로 하였기 때문에 점수화 되어 있는 평가서를 도출하기 못하였지만 이러한 평가서를 도출하기 위한 일련의 과정과 방향을 제시하였다. 신뢰성 있는 공식적인 평가서를 개발하기 위하여 이와 같은 경험적인 연구가 계속 지속되어야 한다.

일곱째, 본 연구수행중에 통계분석등 여러 종류의 자료를 많이 찾게 되었는데 재해가 일어난 후에 문서상의 사후관리가 잘 되어있지 못한 것을 자주 발견하였다. 이것은 향후 일어날지도 모르는 재해의 예방을 위해서 매우 취약한 부분이라고 생각된다. 이러한 정보가 충실하게 정리되어진다면 이와 같은 실증적 사례를 토대로 한 제한(feedback)정보로서 앞으로의 재해예방에 매우 귀중한 자료로 쓰일 것이다.

끝으로 본 연구에서는 제한된 연구기간과 영세중소기업의 일반적인 외부인에 대한 배타성 때문에 더 많고, 다양한 업종의 회사들에 대한 실증적 자료를 첨부하지 못한 것을 연구진 모두 안타깝게 생각한다. 특히 전반적인 주변상황이 연구진 자체적으로 조사업체를 수배하기에는 한계가 있었기 때문에 등근톱 및 로울러를 운용하는 업체에 대하여 더 많은 조사를 할 수 없었던 것을 매우 아쉽게 생각한다. 하지만 본 연구를 위하여 적극적으로 그리고 자의적으로 협조해주신 회사들과 전문가들의 도움으로 분석결과에 충실할 수 있었고 위험기계재해를 다룰 수 있는 몇 가지 기법과 방향을 제시할 수 있었다. 본 연구는 특성상 경험적(empirical)이기 때문에 이후에 기회가 주어진다면 계속 연구되어야 할 내용이라고 사료된다. 특히 Logistic Model을 이용한 정량적 평가서(checklist)의 개발과 본 연구에서 개발된 사용자 위주 분석 프로그램을 이용한 전국차원에서의 연구는 앞으로 더욱 활성화시켜야 되는 분야라고 믿는다. 개발된 프로그램에 대해서는 사용상의 문제가 발생하면 지적되는 대로 성의껏 수정, 보완해 나갈 것이며 이 프로그램을 이용한 분석도 주변상황이 허락하는 한 계속 수행해갈 예정이다. 본 연구의 내용이 위험기계관련재해를 당한 분들이나 예방에 힘쓰시는 모든 분들에게 조금이라도 도움이 되길 진심으로 바란다.

<참 고 문 헌>

- [1] 권영국, 산업안전공학, 형설출판사, 1996.
- [2] 김형준, AHP를 이용한 전원구성비율 설정에 관한 연구, 인하대학교 박사학위 논문, 1996.
- [3] 노동부, 95산업재해분석, 1996.
- [4] 박경수, 인간공학, 영진출판사, 1994.
- [5] 박창순, 원태연, SAS를 이용한 통계자료분석, 중앙대학교 출판부, 1995.
- [6] 박필수, 산업안전관리론, 중앙경제사, 1994.
- [7] 이근희, 인간공학-이론과 실제, 상조사, 1994.
- [8] 이진식, 산업안전관리공학론, 형설출판사, 1996.
- [9] 이태림, 박경주, 범주형 자료분석, 한국방송통신대학교출판부, 1995.
- [10] 정명진, 한지원, 우홍식, 기계안전공학, 동화기술, 1995.
- [11] 최기현, 한근식, PC SAS를 이용한 전산통계입문, 양도출판사, 1995.
- [12] 한국공업표준협회(譯), 도해 에르고노믹스, 1991.
- [13] 한국산업안전공단, 신체장해예방 간담회 자료, 1996.
- [14] 한국산업안전공단, 전단기 안전장치 개발, 1994.
- [15] 한국산업안전공단, 프레스 사용실태 조사결과 분석, 1996.
- [16] 한국산업안전공단, 프레스 작업 재료 운반, 공급 및 이송장치의 자동화 연구, 1992.
- [17] 한국산업안전공단, 프레스 재해예방, 1989.
- [18] 한국산업안전공단, 프레스 재해예방대책, 1996.
- [19] 한국산업안전공단, 프레스-자체검사원 전문과정, 1995.
- [20] 한국산업안전공단, 프레스기 안전자료집(I), 1989.
- [21] 한국산업안전공단, 프레스의 소음저감용 Enclosure 개발, 1995.
- [22] 한국산업안전공단, 한·일 협착재해 예방 세미나, 1996.
- [23] 허명희, SAS범주형 데이터 분석, 자유아카데미, 1992.
- [24] 허문열, 수리통계학, 박영사, 1991.
- [25] 허성관, 산업안전관리론, 보성각, 1995.
- [26] Cook, B., "Consistent Weights for Judgements Matrices of the Relative Importance of Alternatives," *Operations Research Letters*, Vol.6, No.3, 1989, pp.131-139.
- [27] Corlett, E.N. and Clark, T.S., *The Ergonomics of Workspaces and Machines*, Taylor & Francis, 1995.
- [28] Crawford, G. and Williams, C. "A Note on the Analysis of Subjective Judgement Matrices," *Journal of Mathematical Psychology*, Vol.29, 1985, pp.387-404.
- [29] Heinrich, H.W., Perterson, D., and Ross, N., *Industrial Accident*

- Prevention, 1980, McGraw-Hill.
- [30] Helander, M., *A Guide to the Ergonomics of Manufacturing*, Taylor & Francis, 1995.
 - [31] Horner, D.W. Jr., and Lemeshow, S. , *Applied Logistic Regression*, 1989, John Wiley & Sons.
 - [32] Covan, J., "SAFETY ENGINEERING", John Wiley & Sons, 1995.
 - [33] National Safety Council, *Accident Facts*, 1993
 - [34] SAS, "SAS User's Guide : Statistics", SAS Institute Inc, Cary, NC, 1993.
 - [35] SAS, *SAS Language*, SAS Institute Inc, 1990.
 - [36] Saaty, T.L., "How to make a Decision : The Analytic Hierarchy Process," *Interfaces*, Vol.24, No.6, Nov.-Dec., 1994, pp.19-43.
 - [37] Saaty, T.L., "Rank Generation, Perservation, and Reversal in the Analytic Hierarchy Process," *Decision Sciences*, Vol.18, No.2, 1987, pp.157-177.
 - [38] Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, 1980.
 - [39] Sanders, M.S., *Human Factors in Engineering and Design*, 7th Edition.
 - [40] Anton, T.J., "Occupational Safety & Health Management", 2nd Edition, 1989.
 - [41] Wabalickis, R.N., "Justification of FMS with the Analytic Hierarchy Process," *Journal of Manufacturing Systems*, Vol.7, No.3, pp.175-182.
 - [42] Hammer, W., "Occupational safety Management and Engineering", 4th Edition, 1989.
 - [43] Zahedi, F., "The Analytic Hierarchy Process - A Survey of the Method and its Applications," *Interfaces*, Vol.16, No.4, Jul.-Aug. 1986, pp.96-108.

<부록>

A. 사고기록일지

여 백

NO.	I. 사고 기록 일지	
1. 재해발생 일시	199 년 월 일 시 분 요일	
2. 재해발생 장소		
3. 업종(규모)	총 명 생산직 명 (남 : 명, 여 : 명) 생산품종 : 최소제품의 규격 :	
4. 사고개요		
5. 추정재해원인		
6. 재해자 기록	성 명: _____ 나 이: _____ 성 별: _____ 직 종: _____ 직 위: _____ 학 력: _____ 근속연수: _____ 고용형태: (상용 · 일용 · 임시) 근무시간형태: 1, 2, 3 교대 · 시간 외 · 휴 일	
7. 상병의 상황	발생형태: 협착(추락 · 무리한 동작 · 충돌) 상해종류: 절상 · 타박상 · 골절 · 찰과상 · (기 타) 상해부위: 손가락 · 손 · 팔 · 머리 · 몸통 · 다리 · 몸전체 상해정도: 사망 · 영구노동불능 상해 · 영구부분불능 상해 · 일시노동불능상해 · 일시부분불능상해 · 응급조치상해	
8. 작업내용	재해발생작업시점 : 가공중 · 금형세팅시 · loading · unloading 재해발생작업 공 정: 작업내용: 동 작: 동시작업내용: 작업자의 담당기계대수: 사고당시 동시작업자의 유무: 없음 · 있음(명) 동일작업의 반복여부: 작업변경 없음 · 작업변경(회/일) 작업시작전 작업전달사항 여부: 사고당시 기인물상태: 정지 · 정상작동 · 비정상작동 · 안전장치제거	
9. 기인물 검사	기인물 검사 : 자체검사 (/), 대행검사 (/) 대행업체 검사시 기계의 상태:	

위험기계		
10. 기인물	기계사양: (크기:) (제조회사:) (구입일자:) 기계종류: 자동화장치 설치여부: 롤러 피더 · 인코일러 · 레벨러 · 자석집게 재료 공급, 취출방식의 자동화: 완전자동 · 반자동 · 수공구이용 · 수작업 재료 운반의 자동화: 완전자동 · 반자동 · 수공구이용 · 수작업 가공종류: 방호장치 종류: 기계의 작동 스위치를 끄는 단계수와 과정 (단계수:) (과정:) 프레스의 안전장치를 끄는 단계수와 과정 (단계수:) (과정:) 담당자 선임여부: 근다움 확인여부:	
11. 재해일수	(일) 재해자 대체불능으로 인한 작업의 공백시간 (시간) 재해율: , 연천인률, 강도율,	
12. 보상비	순수보상비: 산재보험 지급비(), 회사지급비() 의료비: 생산손실비:	
13. 기 타	사고기록보고과정의 절차:	

B. 미사고자면담기록

여 백

NO.	II. 미사고자 면담	
1. 작업자 기록	성 명: _____ 나 이: _____ 성 별: _____ 직 종: _____ 직 위: _____ 학 력: _____ 근속연수: _____ 고용형태: (상용 · 일용 · 임시) 근무시간형태: 1, 2, 3 교대 · 시간 외 · 휴 일	
2. 작업 내용	대상작업 공 정: _____ 작업내용: _____ 동 작: _____ 동시작업내용: 작업자의 담당기계대수: _____ 동시작업자의 유무: 없음 · 있음(명) 동일작업의 반복여부: 작업변경 없음 · 작업변경(회/일) 작업시작전 작업전달사항 여부: _____ 기 타: _____	
3. 생산성 (동종작업)	사고가 난 기계와 나지 않은 기계의 생산성에 차이가 있는가? 사고기계: _____ 무사고기계: _____	
4. 작업자 의견	수행하는 작업중 가장 위험한 작업: (피할 수 있는 것?) _____ (피할 수 없는 것?) _____ 사고를 가까스로 피한 경험이 있는가? 가공중 작업점에 손이가는 이유: 예) 재료공급 · 취출, 금형부착 · 수리 · 조정, 첩 · 스크랩 · 슬러그 제거 공급된 재료와 자재의 위치를 조정 등 잠재적인 사고의 원인에는 어떤 것이 있다고 생각하는가? 작업의 안전을 위해 바라는 사항이 있다면? 안전사고에 대한 상벌제도가 있는가?	
5. 5S TPM, 100ppm 실시여부	5S (시작시기: _____, 기간: _____) TPM (시작시기: _____, 기간: _____) 100PPM (시작시기: _____, 기간: _____)	

프레스 및 전단기	
6.작업기계	기 계: 기계사양: (크기:) (제조회사:) 종 류 1)인력프레스: 푸트·나사·아버·엑센트릭 2)동력프레스: 크랭크·토글(너클)·마찰·액압 자동화장치 설치여부: 롤러 피더·언코일러·레벨러·자석집게 재료 공급, 취출방식의 자동화: 완전자동·반자동·수공구이용·수작업 재료 운반의 자동화: 완전자동·반자동·수공구이용·수작업 가공종류 1)전단작업: 블랭킹·구멍뚫기·전단·분단·놋칭·트리밍·세이빙·브로치절삭 2)성형작업: 굽힘·비틀림·비이딩·후렌징·버링·커얼링·시임잉·다이프드로잉·벌징·인장·스피닝·백킹·교정 3)압축작업: 압인·엠보싱·스웨이징·압출·버어니싱 방호장치 종류: 양수조작식·게이트가드식·손채내기식·수인식·감응식 작동방법: 양 손·한 손·손&발 동시·발2단계·발1단계 프레스의 스위치를 끄는 단계수와 과정 (단계수:) (과정:) 프레스의 안전장치를 끄는 단계수와 과정 (단계수:) (과정:) 담당자 선임여부: 근다움 확인여부: 대행업체 검사시 기계의 상태:
	등근톱 기계사양: (크기:) (제조회사:) 가공종류: 방호장치종류: 톱날접촉예방장치(고정식, 가동식), 반발예방장치(분할날, 반발방지발톱, 반발방지로울) 등근톱의 스위치를 끄는 단계수와 과정: 담당자 선임여부: 근다움 확인여부: 대행업체 검사시 기계의 사용:

6.작업기계	로울러	
	기계사양: (크기:) (제조회사:) 종 류: 카렌다기 · 밀기 자동화장치 설치여부: 재료 운반의 자동화: 완전자동 · 반자동 · 수공구이용 · 수작업 가공종류: 압축 · 분쇄 · 성형 · 평활 · 팽택 · 인쇄 · 압연 방호장치 종류: 급정지 장치 · 울 로울러의 스위치를 끄는 단계수와 과정 (단계수:) (과정:) 로울러의 안전장치를 끄는 단계수와 과정 (단계수:) (과정:) 담당자 선임여부: 근다움 확인여부: 대행업체 검사시 기계의 상태:	
7. 교육	안전장치 교육: ※ 안전장치의 단위비용 (설치비용:) 신기술 교육(본인의 작업이 아닌부분) 여부 안전에 대한 주기적 반복교육 여부 빈도: 기간: 내용: 1)프레스의 특성과 구조 및 취급에 관한 사항 2)방호장치 종류와 구조 및 취급에 관한 사항 3)안전작업 방법에 관한 사항 4)프레스 안전기준에 관한 사항	
8. 기타		

NO.	Ⅲ. 설문조사(기계 및 보호장구의 안전수칙)	
구분	내용	양/불량
1. 안전수칙 (프레스)	◎금형의 설치 및 조정 1)무거운 금형의 받침은 인력으로 하지 않습니까? 2)금형의 부착전에 하사점을 확인합니까? 3)금형을 설치, 조정때는 반드시 동력을 끊습니까? 4)슬라이드의 불시하강을 방지하기 위하여 안전블럭을 사용합니까? ◎정지시의 안전수칙 1)클러치를 연결시킨 상태에서 기계를 정지시킵니까? 2)정전되면 즉시 스위치를 끄니까? ◎운전가공 중의 안전수칙 1)운전가공 중에는 금형사이에 손을 넣지 않습니까? 2)지시된 작업표준을 지킵니까? 3)연속 다발작업을 제외하고는 1회마다 패달에서 발을 뺍니까? 4)가공 중의 부품의 삽입, 부품이나 스크랩의 배출시는 필요에 따라 수공구를 사용합니까? 5)2인 이상의 공동작업일 경우에는 책임자가 선정되어 있습니까? 6)작업을 중단시 기계를 정지하고 재료 또는 가공품을 꺼냅니까? 7)주유 또는 청소시에는 반드시 기계를 정지합니까? ◎자체검사 :무엇을 자체검사합니까? 1)방호장치의 이상유무 2)크랭크축·플라이휠 기타 동력전달장치의 이상유무 3)클러치·브레이크 기타 제어장치의 이상유무 4)1행정 1정지 구급정지장치 및 비상정지장치의 이상유무 5)연결봉과 슬라이드와의 상호기능상태의 이상유무 6)전자벨브·유압펌프 기타 유압시스템의 이상유무 7)리미트스위치·릴레이 기타 전자부품의 이상유무 ◎작업시작전 점검 : 무엇을 점검합니까? 1)클러치 및 브레이크의 기능 2)크랭크·샤프트·플라이휠·슬라이드·컨넥팅로드 및 컨넥팅·스크류의 볼트와 풀림유무 3)1행정 1정지 구급정지장치 및 비상장치의 기능 4)슬라이드 또는 칼날에 의한 위험방지장구의 기능 5)프레스의 금형 및 고정볼트상태	

구분	내용	양/불량
2. 안전수칙 (로울러기)	◎로울러기의 작업안전수칙 1)로울러기의 주위 바닥이 평탄합니까? 2)돌출물이나 장애물이 있습니까? 3)기름이 바닥에 있습니까?(전도위험방지) 4)로울러기 청소시에는 정지시키고 난 후에 작업을 합니까? 5)고무, 합성수지를 연화하는 작업에는 3개월이상의 경험을 가진 작업자를 배치합니까?	
3. 안전수칙 (등근톱)	◎등근톱의 안전수칙 1)공회전을 시켜서 이상이 있습니까? 2)작업대 높이는 적당합니까? 3)톱날이 재료보다 지나치게 높게 솟아있지않습니까? 4)작업자가 작업중에 톱날회전방향의 정면에 서지는 않습니까? 5)분할날과 톱날과의 간격은 12mm이내를 만족합니까?	
4. 보호구 및 작업복	1)보호구는 점정품을 사용하는가? 2)적합한 작업복을 제공하는가? 3)적합한 형태와 적절한 수의 보안경, 마스크, 귀마개, 보안면, 안전화, 안전모 등을 제공합니까? 4)보호구에 대하여 관리(착용상태)를 정기적으로 확인합니까?	
5. 기 타		

여 백

C. 작업환경조사서

여 백

위험 기계 작업환경조사서					
항 목	내 용				
작 업 장	기계주변 청결도 : 상 중 하		기계의 layout: 제품가공순별, 기계군별 기타 →→→		
기 계	1행정 반자동 자동		서서하는 작업인가? Y / N	사고 기계: Y / N	
	기계명:			사고작업과 동일인가?: Y / N	
소 음	기계 근접 소음 레벨(db): 옆 작업자와 대화가 가능한가?				
조 명	작업장 조명도 (db)	자연채광	작업점을 밝혀주는 국소조명이 있는가?		
			작업점의 조명도: 작업주변이 밝은가?		
작 동 식	페달식	Air 클러치 페달	양수 조작식	기타:	
		클러치 페달			
방 호 장 치	광선식 손처리장치 (기타:)				없음
	사용 안함	이유: 작업에 부적절, 생산속도 저하 (기타:)			
작 업 대 스 위 치	작업대		스위치		
	높이:		높이: 작업자의 손에 닿는 위치에 있는가?		
수 공 구	수공구 사용		수공구 미사용	기타:	
	적절하게 보수 유지 되는가?				
자 세 각 도	허리-손 수평거리:	각 도			
		팔꿈치:	어깨:	허리:	무릎:
작 업	위험장소접근가능성:			기타:	
	운전중인 기계장치 손질가능성:				
작 업	불안전한 자세, 동작:			기타:	
	High Vigilance Short decision making 장갑착용여부				
경 계	BUZZAR		FENCE		경계 표시 결함
CYCLE TIME					
기 타					
페달 스케치					

여 백

D. 인간공학설문지

여 백

1.인간요소 설문지

다음은 귀하가 평소에 작업장에서 느낄수 있는 어떤 인간적인 면들에 관한 질문입니다. 해당질문이 귀하가 작업하던 곳과 다를지라도 일반적으로 응답해주시면 감사하겠습니다.

나 이: (세)	현재작업에서 일한기간(근속연수): (년)
성 별: 남 / 여	

문0. 귀하는 재해(프레스, 전단기, 롤러, 둥근톱 관련)를 당하신 경험이 있으십니까? 있는 경우에는 해당기계에 ○표를 해주십시오.

문1. 귀하의 작업기계는 무엇입니까?

- ①프레스 ②전단기 ③롤러 ④둥근톱 ⑤기타

(문2, 문3은 간략히 써주십시오.)

문2. 귀하의 작업중에서 제일 위험한 부분은 무엇입니까?

()

문3. 귀하의 작업에 있어서 잠재적인 사고를 방지하기위한 귀하의 희망사항은 무엇입니까?

()

문4. 사고를 가까스로 피하신 경험이 있으십니까? (있다/ 없다)

문5. 귀하는 하루중 언제 지루함을 가장 많이 느끼십니까?

- ①오전 작업시작 직후
②점심시간 직전
③점심시간 직후
④퇴근시간 직전

문6. 귀하는 하루중 언제 육체적 피곤함을 가장 많이 느끼십니까?

- ①오전 작업시작 직후
②점심시간 직전
③점심시간 직후
④퇴근시간 직전

문7. 귀하가 작업도중 정신적인 피곤함을 느낀다면 가장 큰 원인이 무엇이라고 생각하십니까?

- ①지금 하고있는 작업이 너무 힘들거나 작업량이 많아서
- ②작업시간이 너무 길어져서
- ③전날 피로나 잠을 충분히 자지 못해서
- ④개인적인 문제또는 회사의 상사나 동료에게 불만이 있어 정신적으로 힘들어서

문8. 만약 귀하가 피로를 심하게 느낄때가 있다면 작업에 얼마나 영향을 준다고 생각하십니까?

- ①매우 많다
- ②조금 있다
- ③별로 영향이 없다
- ④잘 모르겠다

문9. 귀하는 피로를 느낄 때 안전수칙을 위반하게되거나 요령을 피우게되지 않습니까?

- ①분명히 그렇다
- ②그런 것 같다
- ③그렇지는 않다
- ④잘 모르겠다

문10. 만약 귀하가 작업도중 다른생각을 하게된다면 그 내용은 주로 어떤것입니까?

- ①개인적인 사항
- ②직장내 인간관계
- ③작업량
- ④잘 모르겠다

문11. 만약 귀하가 작업과 관련하여 짜증이 난다면 다음중 무엇이 가장 큰 원인이라고 생각하십니까?

- ①불량
- ②잘못된 금형교환
- ③기계의 고장
- ④작업량
- ⑤주위환경(날씨 등)

문12. 귀하의 직장에서 안전 및 안전장치 교육을 정기적으로 받고있습니까?

(예/아니오) 만약 받으시고 있다면 안전교육 내용에 대하여 아쉬운 부분은 무엇입니까?

()

문13. 귀하는 평소 작업장내의 다른 작업자와 작업중에 대화를 많이 나누는 편입니까?

- ①많이 얘기한다
- ②보통이다
- ③거의 하지 않는다
- ④잘 모르겠다

문14. 귀하는 평소 작업중에 작업장내의 다른 작업자의 행동을 눈여겨 보십니까?

- ①매우 그렇다
- ②눈여겨 보진않지만 무엇을 하려는지 알고있다
- ③내게 주어진 작업에만 집중한다
- ④잘 모르겠다

문15. 귀하는 서서 작업하는 것과 의자에 앉아서 작업하는 것 중 어느 작업을 더 좋아하십니까? 그리고 그 이유는 무엇입니까?

- ①서서하는 작업
- ②앉아서 하는 작업

()

(프레스 작업자만 답해주십시오)

문16. 만약 귀하가 작업하는 프레스에 양수스위치에서 발스위치로 바꿀수 있는 기능이 있다면 작업도중 피로감을 심하게 느끼게되면 양수 조작에서 발 스위치로 바꾸시겠습니까?

- ①당장 바꾸겠다
- ②그대로 양손으로 작동시키겠다
- ③처음부터 발스위치로 작동시키겠다
- ④잘 모르겠다

문17. 일반적으로 사람들은 센서식 안전장치를 사용하기를 꺼려합니다. 귀하는 다음중 센서를 사용하지 않는 가장 큰 이유는 무엇이라고 생각하십니까?

- ①작업자체에 부적합하다
- ②작업속도가 내려간다
- ③안전장치를 믿지못한다
- ④잘 모르겠다

문18. 만약 귀하가 프레스의 센서, 양수조작스위치, 발 스위치를 선택하여 작업할 수 있다면 다음중 어느 프레스를 선택하시겠습니까?

- ①센서가 붙어있고 양수조작스위치로 작동하는 프레스
- ②센서가 붙어있고 발스위치로 작동하는 프레스
- ③센서가 붙어있지않고 양수조작스위치로 작동하는 프레스
- ④센서가 붙어있지않고 발스위치로 작동하는 프레스

문19. 만약 귀하가 프레스 페달의 종류를 선택하여 작업할수 있다면 다음중 어느 페달을 선택하시겠습니까?

- ①밟는 깊이가 얇고 앞꿈치로 밟는 페달
- ②밟는 깊이가 얇고 발바닥 전체로 밟는 페달
- ③밟는 깊이가 깊고 앞꿈치로 밟는 페달
- ④밟는 깊이가 깊고 발바닥 전체로 밟는 페달

II.환경요소 설문지

다음은 귀하가 일하고 있는 사업장의 환경에 대한 질문들입니다. 평소에 작업하시다가 느끼신대로 솔직히 응답해주시면 감사하겠습니다.

문20. 귀하는 작업장의 통풍구나 창문 또는 출입구 등을 통한 환기가 적당하다고 생각하십니까?

- ①적당하다
- ②적당하지 않다
- ③별로 영향이 없다
- ④잘 모르겠다

문21. 귀하는 공기속에 떠도는 먼지나 기타 기계적인 냄새 때문에 불쾌감을 느끼십니까?

- ①많이 느낀다
- ②보통이다
- ③별로 못느낀다
- ④잘 모르겠다

문22. 귀하는 프레스의 작업점에 조명이 충분하다고 생각하십니까?

- ①매우 충분하다
- ②보통이다
- ③어둡다고 느낀다
- ④잘 모르겠다

III.제어판넬용 설문지

다음 질문들은 귀하가 다루는 작업기계의 제어판넬에 관한 질문입니다. 해당 질문이 사용하시던 기계에 정확히 일치하지않더라도 일반적으로 다음 질문들에 응답해주시면 감사하겠습니다.

문23. 다음중 귀하가 제어판넬에서 가장 많이 쓰는 순서대로 스위치를 나열하면?

- ①전원 스위치 ②운전선택(춘동-연동) ③모터 정지/가동
④비상정지 ⑤손/발 전환 ⑥카운터 리셋

(> > > > >)

문24. 귀하는 제어판넬의 스위치를 잘못 누른 경험이 있습니까? (있다/없다)

있다면 어떤 이유에서 잘못 눌렀습니까?

- ①위치를 착각했다 ②스위치의 글씨를 잘못 보았다
③기타 이유

문25. 다음 6개 위치중 귀하가 제어판넬에서 가장 적당하다고 생각되는 전원 스위치의 위치는?

①	②
③	④
⑤	⑥

()

문26. 다음 6개 위치중 귀하가 제어판넬에서 가장 적당하다고 생각되는 운전선택 스위치의 위치는?

①	②
③	④
⑤	⑥

()

문27. 다음 6개 위치중 귀하가 제어판넬에서 가장 적당하다고 생각되는 모터 정지/운전 스위치의 위치는?

①	②
③	④
⑤	⑥

()

문28. 다음 6개 위치중 귀하가 제어판넬에서 가장 적당하다고 생각되는 비상정지 스위치의 위치는?

①	②
③	④
⑤	⑥

()

문29. 다음 6개 위치중 귀하가 제어판넬에서 가장 적당하다고 생각되는 손/발 전환스위치의 위치는?

①	②
③	④
⑤	⑥

()

문30. 다음 6개 위치중 귀하가 제어판넬에서 가장 적당하다고 생각되는 카운터나 계기판의 위치는?

①	②
③	④
⑤	⑥

()

문31. 기계의 어떤 상태를 알아보기위해 제어판넬을 순간적으로 볼 때 스위치와 램프 중 어느것을 먼저 보십니까?

①스위치

②램프

문32. 램프와 스위치의 위치에대해 다음중 어느배열이 적당하다고 생각하십니까?

①

스위치群
램프群

②

램프群
스위치群

③

램프群	스위치群
-----	------

④

스위치群	램프群
------	-----

E. AHP 분석 프로그램의 사용

여 백

E.1 프로그램의 시작

Win 3.1을 사용하는 경우 “File Manager”에서, Win 95를 사용하는 경우에는 “File Manager”나 “내 컴퓨터”, 또는 작업표시줄의 시작메뉴에서 ahp.exe을 찾아 Click하여 프로그램을 시작한다.

E.2 초기화면

프로그램을 시작하면 다음과 같은 초기화면이 화면에 나타난다. 다음 그림은 초기화면을 보여준다.

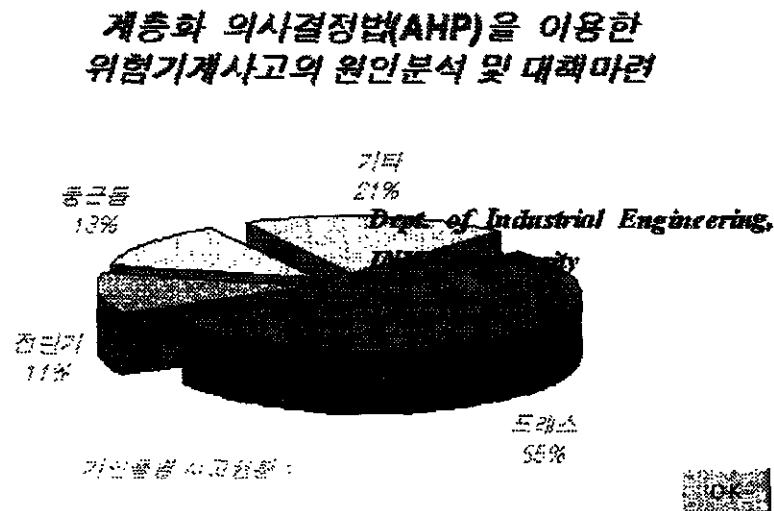


그림 E-1 본 연구에서 개발한 프로그램의 초기화면

초기화면에서 오른쪽 하단부에 있는 OK 버튼을 Click하면 프로그램의 기본 메뉴바가 나타나게 된다.

E.3 기본 메뉴바

다음 그림은 기본 메뉴바를 보여준다.

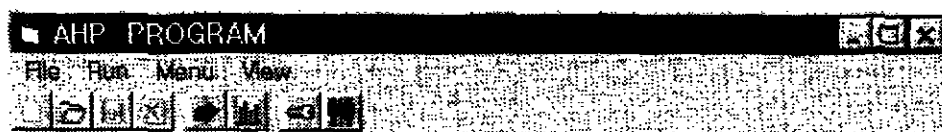


그림 E-2 기본 메뉴바

메뉴바에는 File, Run, Menu, View의 4가지 메뉴가 있으며, 그 밑에는 각각의 메뉴의 기능을 버튼을 이용하여 보다 쉽게 이용할 수 있도록 설계된 툴바가 있다. 각각의 메뉴에는 여러 가지의 명령이 포함되어 있다. 각각의 메뉴와 그에 속해 있는 기능을 간단히 설명하면 다음과 같다.

(1) File 메뉴

File 메뉴에는 New, Open, Save, Save As, Del, Exit 등의 명령이 있다. File 메뉴에서는 주로 새로운 데이터베이스 파일을 생성/삭제하고, 저장하고, 기존의 데이터베이스 파일을 여는 등의 기능을 수행하는 명령들을 포함한다.

각각의 명령들에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

① New

New 명령은 프로그램의 사용자가 처음부터 응답을 새로 시작할 경우에 사용한다. New 명령을 선택하면 사용자가 응답해야 하는 세부질문을 포함하는 18개의 다이얼로그 박스 중에서 첫 번째 다이얼로그 박스가 나타나게 된다. 다음의 그림은 New 명령을 선택했을 경우에 나타나는 사용자가 응답해야 하는 첫 번째 다이얼로그 박스를 보여준다.

PAIRWISE COMPARISON MATRIX					PRIORITY		
	A	B	C	D	WEIGHT	CR	
A		9	9	5	0.87	0.05	A : 인간적인 측면
B			1	1/5	0.08		B : 기계적인 측면
C				1/5	0.06		C : 작업적인 측면
D					0.22		D : 관리적인 측면

O.K. CLEAR PREVIOUS NEXT

그림 E-3 응답 다이얼로그 박스

첫 번째 응답 다이얼로그 박스는 크게 프로그램이 응답자에게 질문하는 부분, 응답자가 직접 값을 입력하는 부분, 각각의 세부원인별 가중치와 일관성비율을 나타내어 주는 부분, 각각의 세부원인을 설명하는 부분, 그 외의 명령을 수행하는 4개의 버튼들로 구성되어 있다.

다이얼로그 박스의 맨 위에 있는 "Question : "이라는 라벨이 붙어 있는 부분이 응답자에게 프로그램이 질문을 하는 부분이다. "Question : " 라벨옆의 박스에는 질문내용이 담겨지게 되며, 그 질문내용은 응답자가 값을 입력하여 질문에 응답해야 하는 텍스트 박스를 선택하게 되면 나타나며, 텍스트 박스를 선택하지 않으면 나타나지 않는다. 그리고 각각의 응답자가 선택하는 텍스트 박스에 따라 질문의 내용이 바뀌어 지게 된다.

다이얼로그 박스의 중간부분 왼쪽에 있는 PAIRWISE COMPARISON MATRIX라는 이름의 테두리(이러한 테두리를 앞으로 프레임이라고 하겠다)로 둘러싸인 부분이 응답자가 질문내용에 대해 응답해야 하는 부분이다. 응답자는 각각의 다이얼로그 박스에서 적게는 1개의 질문에서부터 많게는 15개의 질문까지를 응답해야 한다. 즉, 각각의 다이얼로그 박스의 이 프레임안에는 1개에서 15개까지의 질문에 대한 값을 적어 넣는 텍스트 박스가 존재하게 됨을 의미한다. 그림 E-3의 이 프레임에는 6개의 텍스트 박스가 존재한다. 그리고 프레임의 맨 윗줄과 왼쪽 행의 A, B, C, D는 각각의 원인을 의미한다. 각각의 원인에 대한 설명은 다이얼로그 박스의 중간부분 오른쪽에 나타나 있다. 예를 들어 프레임의 텍스트 박스들 중에서 맨 윗줄의 왼쪽에 있는 텍스트 박스에는 A원인이 B원인에 대해 얼마나 더 중요한가라는 질문에 대한 응답을 적어 넣어야 한다. 질문에 대한 응답은 1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9의 값들 중의 하나로 답해야 한다. 각각의 응답에 대한 의미는 다음과 같다.

표 E-1 응답의 의미(프로그램사용시)

값	의미
1/9	B가 A에 비해 절대 중요한 경우
1/8	1/9와 1/7의 중간
1/7	B가 A에 비해 매우 중요한 경우
1/6	1/7과 1/5의 중간
1/5	B가 A에 비해 중요한 경우
1/4	1/5와 1/3의 중간
1/3	B가 A에 비해 약간 중요한 경우
1/2	1/3과 1의 중간
1	A와 B의 중요도가 동등한 경우
2	1과 3의 중간
3	A가 B에 비해 약간 중요한 경우
4	3과 5의 중간
5	A가 B에 비해 중요한 경우
6	5와 7의 중간
7	A가 B에 비해 매우 중요한 경우
8	7과 9의 중간
9	A가 B에 비해 절대 중요한 경우

다이얼로그의 중간부분의 "PRIORITY"라는 라벨이 붙은 프레임에는 각각의 원인에 대한 중요도와 응답자의 응답에 대한 일관성비율이 나타난다. 응답자가 텍스트 박스에 모든 값을 적어 넣은 후에(응답이 끝난 후에) OK 버튼을 누르면 WEIGHT라는 라벨의 아래에는 각 원인들의 가중치가 고유치 방법에 의해 계산되어 나타나며, CR이라는 라벨의 아래에는 응답의 일관성 비율이 계산되어 나타난다. 응답자가 모든 응답을 끝내고 OK 버튼을 누르기 전에는 WEIGHT와 CR의 라벨 아래에는 아무 값도 나타나지 않는다. 다이얼로그 중간부분의 오른쪽에는 각 원인들의 설명이 나타난다.

다이얼로그의 아래부분에는 4개의 버튼이 있다. OK 버튼을 누르면 응답자가 텍스트 박스에 응답한 값으로부터 고유치 방법을 이용하여 각 원인의 가중치와 응답내용의 일관성비율을 계산하여 보여준다. CLEAR 버튼을 누르면 텍스트 박스의 내용이 모두 지워진다. PREVIOUS 버튼을 누르면 이전의 응답 다이얼로그 박스로 이동한다. 첫 번째 다이얼로그 박스에서 PREVIOUS 버튼을 누르면 18번째 다이얼로그 박스로 이동하게 된다. NEXT 버튼을 누르면 다음의 응답 다이얼로그 박스로 이동한다. 첫 번째 다이얼로그 박스에서 NEXT 버튼을 누르면 두 번째 다이얼로그 박스로 이동하게 된다.

18개의 응답 다이얼로그 박스는 모두 위에서 설명한 구조로 구성되어 있다.

② Open

Open 명령은 데이터베이스에 저장해 놓은 기존의 파일을 여는 기능을 갖는다. Open 명령을 선택하면 열고자 하는 파일이 속해 있는 데이터베이스와 찾고자 하는 파일의 이름을 선택하는 다음과 같은 다이얼로그 박스가 나타난다.

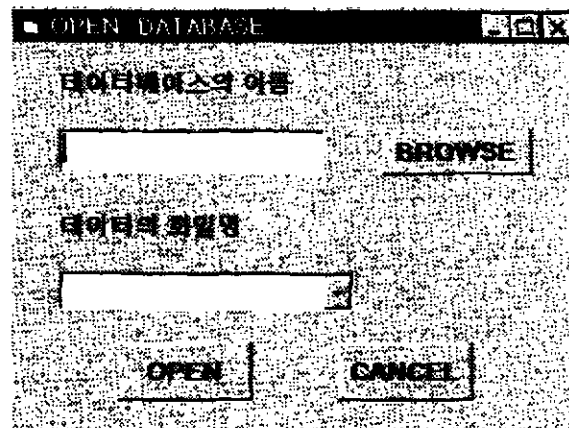


그림 E-4 Open Database 다이얼로그 박스

Open Database 다이얼로그 박스는 2개의 텍스트 박스와 3개의 버튼으로 구성되어 있다. 2개의 텍스트 박스중 위에 있는 텍스트 박스는 열고자 하는 파일이 속해 있는

데이터베이스를 지정하는 박스이다. 원하는 데이터베이스의 경로와 이름을 정확히 알고 있는 경우에는 직접 텍스트 박스에 적어 넣어도 되며, 그렇지 않은 경우에는 옆에 있는 "BROWSE" 버튼을 이용한다. "BROWSE" 버튼을 누르면 "OPEN YOUR DATABASE !"라는 캡션을 갖는 다이얼로그 박스가 나타나게 된다. 이 다이얼로그 박스에서 원하는 데이터베이스를 선택한 후 "열기" 버튼을 누르면 다시 Open Database 다이얼로그 박스로 돌아가서 텍스트 박스에 지정한 데이터베이스의 경로명과 이름이 입력된다.

위쪽의 텍스트 박스에 원하는 데이터베이스의 이름을 입력한 후에 아래쪽 텍스트 박스의 "▼"부분을 누르면, 텍스트 박스의 아래쪽에 위에서 입력한 데이터베이스 내에 있는 파일들의 이름의 목록이 나타나게 된다. 아래쪽 텍스트 박스에는 사용자가 직접 원하는 파일의 이름을 입력할 수가 없으며 반드시 "▼"부분을 누른 후 파일의 리스트에서 파일의 이름을 지정해야 한다. 원하는 파일을 지정하면 파일들의 리스트는 없어지며 아래쪽 텍스트 박스에 사용자가 지정한 파일의 이름이 입력되게 된다.

두 개의 텍스트 박스에 입력을 마친 후 OPEN 버튼을 누르면 18개의 응답 다이얼로그 박스중 첫 번째 다이얼로그 박스가 나타나며, 지정한 파일의 내용을 응답 다이얼로그 박스를 통해 볼 수 있다. 다이얼로그 박스간의 이동은 이전에 설명한 것처럼 PREVIOUS 버튼과 NEXT 버튼을 이용한다.

CANCEL 버튼을 누르면 Open Database 다이얼로그 박스가 화면에서 사라진다.

③ Save

Save 명령은 응답 다이얼로그 박스에 새로 입력한 값들이나, 기존의 파일을 열어 수정한 값들을 저장한다. 기존의 파일을 열어 수정한 값들을 저장할 경우에는 이미 파일의 이름이 지정되어 있지만, 새로 응답 다이얼로그에 값을 입력한 경우에는 파일의 이름이 지정되어 있지 않기 때문에 Save As 다이얼로그 박스가 나타나며, 이 다이얼로그 박스에서 원하는 파일의 이름을 지정한 후 저장할 수 있다.

④ Save As

Save As 명령은 현재 응답 다이얼로그 박스에서 작업한 내용을 다른 파일이름으로 저장하고자 할 때 사용된다. Save As 명령을 선택하면 다음의 그림과 같은 Save As 다이얼로그 박스가 나타나게 된다.

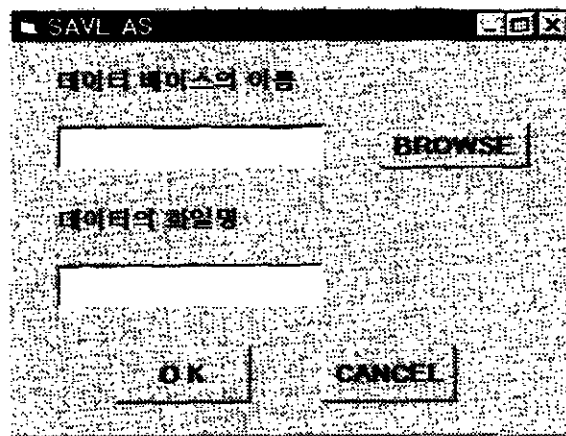


그림 E-5 Save As 다이얼로그 박스

Save As 다이얼로그 박스는 위의 그림과 같이 2개의 텍스트 박스와 3개의 버튼으로 구성된다. 2개의 텍스트 박스중 위쪽에 있는 텍스트 박스는 저장하고자 하는 데이터베이스의 이름을 지정하는 텍스트 박스이다. Open Database 다이얼로그 박스에서도 마찬가지로 저장하고자 하는 데이터베이스의 경로명과 이름을 정확히 알고 있는 경우 텍스트 박스에 데이터베이스의 경로명과 이름을 기입해 줄 수 있으며, 그렇지 않은 경우 "BROWSE" 버튼을 이용할 수 있다.

데이터베이스의 경로명과 이름을 위쪽의 텍스트 박스에 입력한 후에는 아래쪽의 텍스트 박스에 원하는 파일명을 입력해 주어야 한다. Open Database 다이얼로그 박스에서는 달리 파일명을 반드시 사용자가 직접 입력해 주어야 한다. 두 개의 텍스트 박스에 데이터베이스와 파일명의 입력을 마친 후 OK 버튼을 누르면 응답 다이얼로그 박스에서 작업한 내용들이 지정한 데이터베이스의 파일에 저장되게 된다.

CANCEL 버튼을 누르면 Save As 다이얼로그 박스가 화면에서 사라진다.

⑤ Del

Del 명령은 데이터베이스내의 특정 파일을 삭제하는 데에 사용된다. Del 명령을 선택하면 다음 그림과 같은 Delete 다이얼로그 박스가 나타나게 된다. Delete 다이얼로그 박스의 구성은 Open Database 다이얼로그 박스의 구성과 거의 같다.

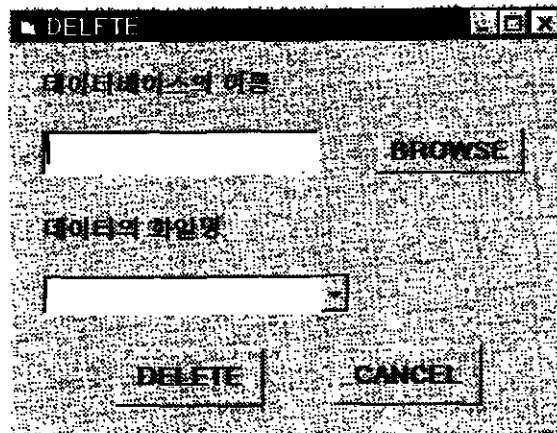


그림 E-6 Delete 다이얼로그 박스

Delete 다이얼로그 박스도 Open Database 다이얼로그 박스와 같이 2개의 텍스트 박스와 3개의 버튼으로 구성되며, 2개의 텍스트 박스중 위쪽의 텍스트 박스에는 삭제할 파일이 있는 데이터베이스를, 아래쪽의 텍스트 박스에는 삭제하고자 하는 파일명을 입력한다. 데이터베이스의 선택은 OPEN 명령과 같이 텍스트 박스에 직접 데이터베이스의 경로명과 이름을 입력할 수도 있으며, "BROWSE" 버튼을 이용하여 지정할 수도 있다. 첫 번째 텍스트 박스에 데이터베이스의 경로명과 이름을 입력한 후에는 두 번째 텍스트 박스에 "▼"부분을 누르고 파일의 리스트로부터 파일의 이름을 선택함으로써 파일의 이름을 지정할 수 있다. Open Database 다이얼로그 박스에서와 같이 파일의 이름을 지정하는 두 번째 텍스트 박스에는 파일명을 직접 입력할 수 없다.

⑥ Exit

Exit 명령을 선택하면 프로그램은 종료된다.

(2) Run 메뉴

Run 메뉴에는 Run, Result 등의 명령이 있다. Run 메뉴에서는 응답 다이얼로그 박스에서 입력한 값들을 이용하여 각 원인과 대책들의 최종가중치를 구하고 이를 화면에 보여주는 명령들을 포함한다.

각각의 명령들에 대한 자세한 설명은 다음과 같다.

① Run

Run 메뉴를 선택하면 18개의 응답 다이얼로그 박스에 입력한 값들을 토대로 고유치 방법을 이용하여 각 원인과 대책들의 최종가중치와 순위를 구한다. 새로운 응답 다이얼로그에 응답을 완료한 후에 결과를 보고자 할 때뿐만 아니라 데이터베이스로부터 기존의 파일을 열어 결과를 보고자 하는 경우에도 반드시 Run 메뉴를 선택한 후에 다음에서 설명할 Result 메뉴를 선택해야 한다.

② Result

Result 명령은 Run 명령에 의해 수행된 수행결과를 보여준다. 다음 그림은 Result 메뉴를 선택했을 때 화면에 나타나는 Result 다이얼로그 박스이다.

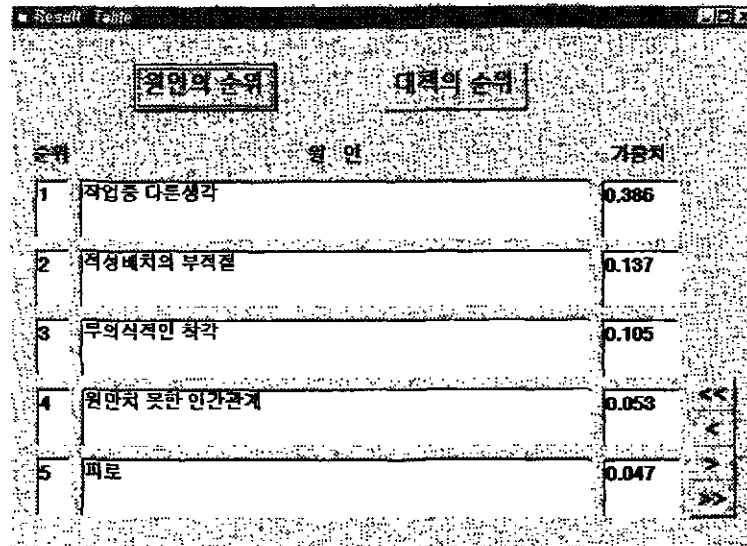


그림 E-7 Result 다이얼로그 박스

Result 다이얼로그 박스는 위의 그림에서와 같이 15개의 텍스트 박스와 6개의 버튼으로 구성된다. Result 다이얼로그 박스의 위쪽에 있는 두 개의 버튼 “원인의 순위”와 “대책의 순위”는 각각 원인들의 순위와 가중치, 대책들의 순위와 가중치를 가중치가 큰 순서에서 작은 순서대로 정렬해서 아래의 텍스트 박스에 보여준다.

“원인의 순위”와 “대책의 순위”의 두 개의 버튼의 아래에는 텍스트 박스가 3개씩 5줄로 배열되어 있다. 한 줄의 맨 왼쪽에 있는 텍스트 박스에는 원인/대책의 순위가 나타나며, 중간에 있는 텍스트 박스에는 원인/대책의 이름이 나타나며, 오른쪽에 있는 텍스트 박스에는 원인/대책의 가중치가 나타나게 된다. 화면에는 전체 원인이나 대책들 중에서 5개씩의 원인 또는 대책이 나타나게 된다.

Result 다이얼로그 박스의 오른쪽 아래에 있는 4개의 버튼, “<<”, “<”, “>”, “>>”은 각각 텍스트 박스의 내용을 원인/대책의 순위의 앞이나 뒤로 이동시킨다.

“<<” 버튼은 원인/대책의 순위를 뒤로(가중치가 높은 쪽으로) 5개의 순위를 이동시킨다. “<” 버튼은 원인/대책의 순위를 뒤로 1개의 순위를 이동시킨다. “>” 버튼은 원인/대책의 순위를 앞으로(가중치가 낮은 쪽으로) 1개의 순위를 이동시킨다. “>>” 버튼은 원인/대책의 순위를 앞으로 5개의 순위를 이동시킨다.

그림 E-7은 Result 다이얼로그 박스가 화면에 나타난 후에 “원인의 순위” 버튼을 누른 경우의 예이다. 이때 Result 다이얼로그 박스에는 1위에서 5위까지의 원인과 가중치가 나타나게 된다.

(3) Menu 메뉴

Menu 메뉴에는 Simple Test, Group Decision Making 등의 명령이 있다. Menu 메뉴는 모든 응답 다이얼로그 박스에 응답하지 않고 원인과 대책의 순위를 간단히 구하고, 데이터베이스에 있는 기존의 파일들의 결과를 종합한 종합결과를 얻는 등의 기능을 갖는다.

① Simple Test

위험기계사고의 원인을 분석하고 대책을 마련하기 위해 본 연구에서 제시한 원인들과 대책들의 가중치를 구하기 위해서는 18개의 응답 다이얼로그 박스의 각각의 모든 질문에 답해야 한다. 그러나 프로그램에서는 위험기계사고의 원인들중 가장 큰 범주에 속하는 인간적인 측면, 기계적인 측면, 작업적인 측면, 관리적인 측면 4가지의 원인에 대한 평가(첫 번째 응답 다이얼로그 박스의 내용)에 대한 응답에 대한 결과만으로 데이터베이스의 여러 파일들중 이와 가장 근접한 결과를 갖는 파일을 찾아 그 파일의 내용(원인들간의 쌍별비교값, 가중치, 원인과 대책의 최종 가중치)을 살펴볼 수 있다. 이러한 기능을 프로그램에서는 Menu 메뉴의 Simple Test라는 명령으로 수행할 수 있다.

다음 그림은 Simple Test라는 명령을 선택했을 때 화면에 나타나는 Simple Test 다이얼로그 박스이다.

The dialog box titled "SIMPLE TEST" contains a question and two tables for data entry.

Question: 인간적인 측면이 기계적인 측면에 비해 얼마나 중요하다고 생각하십니까?

PAIRWISE COMPARISON MATRIX				PRIORITY		
	인간	기계	작업	관리	WEIGHT	CR
인간						
기계						
작업						
관리						

At the bottom, there are three buttons: OK, SEARCH, and CLEAR.

그림 E-8 Simple Test 다이얼로그 박스

Simple Test 다이얼로그 박스는 응답 다이얼로그 박스와 비슷하게 구성되어 있다. Simple Test 다이얼로그 박스의 맨 위쪽에는 질문내용이 나타나며,中间的 왼쪽에 있는 6개의 텍스트 박스들은 질문에 대한 값들을 입력하는 곳이며, 각각의 텍스트 박스를 선택하면 질문내용이 바뀌게 된다. 그리고 Weight와 CR이라는 라벨의 하단부에는 각 원인에 대한 가중치와 6개의 질문에 대한 응답의 일관성비율이 나타난다.

Simple Test 다이얼로그 박스의 제일 하단부에는 OK, SEARCH, CLEAR 등 3개의 버튼이 있는데, 질문에 대한 응답으로 6개의 텍스트 박스를 모두 채운 후에 OK 버튼을 누르면 각 원인들의 가중치와 응답의 일관성비율이 나타난다.

CLEAR 버튼은 각 텍스트 박스와 가중치, 일관성비율의 내용을 지우기 위해 사용된다. SEARCH 버튼은 OK 버튼을 눌러 각 원인들의 가중치를 구한 후에 데이터베이스에 현재 저장되어 있는 파일들중 이와 가장 비슷한 결과를 갖는 파일을 찾으려 한다. SEARCH 버튼을 누르면 찾고자 하는 데이터베이스의 이름을 묻는 다음과 같은 다이얼로그 박스가 화면에 나타난다.

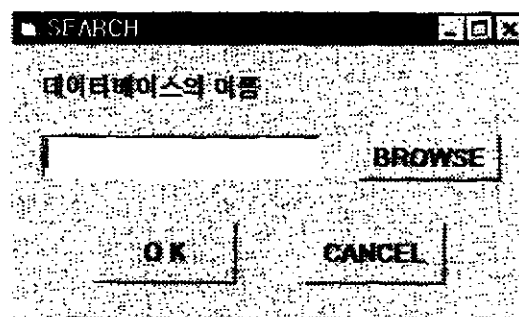


그림 E-9 Search 다이얼로그 박스

Search 다이얼로그 박스는 위와 같이 1개의 텍스트 박스와 3개의 버튼으로 구성되어 있다. 텍스트 박스에는 원하는 데이터베이스의 이름과 경로명이 입력되어야 하는데 입력방법은 Open Database 다이얼로그 박스에서와 같이 직접 입력하거나, "BROWSE" 버튼을 눌러 원하는 데이터베이스를 찾는 방법이 있다. Search 다이얼로그 박스의 하단부에는 두 개의 버튼이 있는데 원하는 데이터베이스를 텍스트 박스에 입력한 후에 OK 버튼을 누르면 지정한 데이터베이스 내에서 Simple Test 다이얼로그 박스의 결과와 가장 가까운 결과를 갖는 하나나 또는 그 이상의 파일들을 찾게 되며 그 파일들을 보여주는 Data List 다이얼로그 박스가 화면에 나타난다. CANCEL 버튼을 누르면 데이터베이스의 찾기를 취소하고 Simple Test 다이얼로그 박스로 되돌아간다.

OK 버튼을 눌러 나타난 Data List 다이얼로그 박스는 다음 그림과 같다.

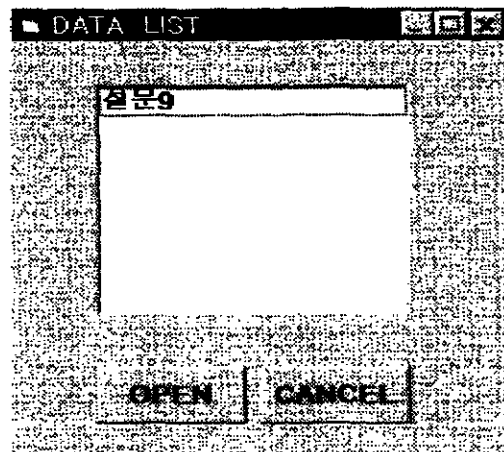


그림 E-10 Data List 다이얼로그 박스

Data List 다이얼로그 박스는 위와 같이 1개의 리스트 박스와 2개의 버튼으로 구성되어 있다. 리스트 박스의 내용은 Simple Test의 결과와 가장 가까운 데이터베이스의 파일들의 하나나 그 이상의 리스트를 담고 있다. 이 리스트 중에서 하나의 파일을 선택한 후에 OPEN 버튼을 누르면 그 파일의 내용을 볼 수 있으며, 기본적으로 가장 먼저 첫 번째 응답 다이얼로그 박스의 내용을 볼 수 있다. 이에 대한 원인과 대책의 순위를 보고 싶으면 Run 메뉴에서 Run 명령을 선택한 후 Result 명령을 선택하면 된다. CANCEL 버튼을 누르면 리스트에 있는 파일의 열기를 취소하고 Simple Test 다이얼로그 박스로 되돌아간다.

② Group Decision Making

그룹 의사결정이란 여러 응답자들의 의견을 종합하여 원인과 대책의 결과를 도출하는 방법으로 본 프로그램에서는 Group Decision Making 명령을 통하여 그룹 의사결정을 수행할 수 있다. Group Decision Making 명령을 선택하면 먼저 다음 그림과 같이 그룹 의사결정을 수행할 파일들이 있는 데이터베이스의 이름과 경로명을 묻는 Open Database 다이얼로그 박스가 나타난다.

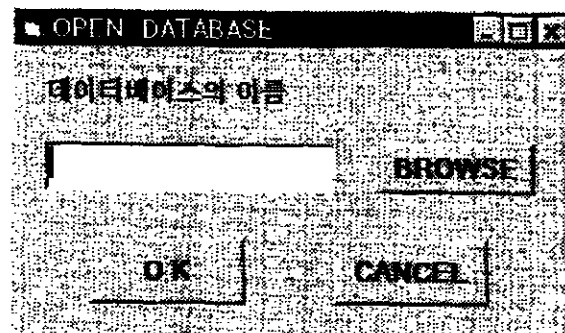


그림 E-11 Open Database 다이얼로그 박스

Open Database 다이얼로그 박스는 위의 그림과 같이 1개의 텍스트 박스와 3개의 버튼으로 구성되어 있다. 텍스트 박스에는 원하는 데이터베이스의 이름과 경로명을 입력해야 하며, 입력방법은 텍스트 박스에 직접 입력하거나 "BROWSE" 버튼을 사용하여 입력한다. OK 버튼을 선택하면 아래의 그림과 같은 GDM(Group Decision Making) 다이얼로그 박스가 나타난다. CANCEL 버튼은 데이터베이스의 열기를 취소하고 기본 메뉴바로 되돌아간다.

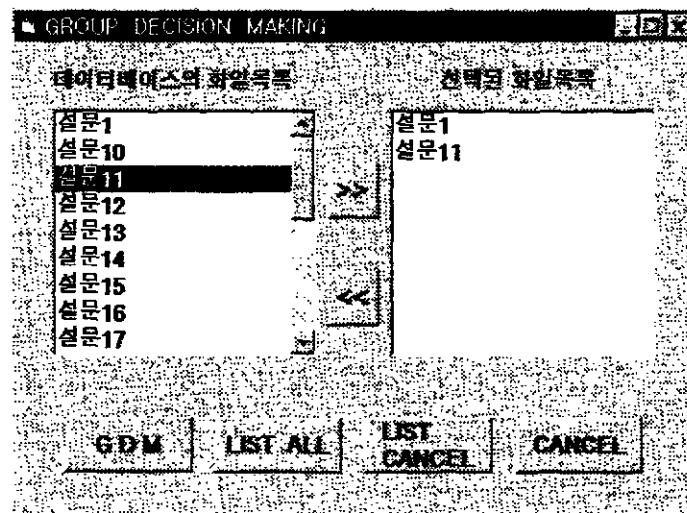


그림 E-12 GDM 다이얼로그 박스

GDM 다이얼로그 박스는 2개의 리스트 박스와 6개의 버튼으로 구성되어 있다.

GDM 다이얼로그 박스의 왼쪽에 있는 "데이터베이스의 파일목록"이라는 라벨이 붙은 리스트 박스는 선택한 데이터베이스의 파일들의 목록을 담고 있으며, 오른쪽에 있는 "선택된 파일목록"이라는 라벨이 붙은 리스트 박스는 그룹 의사결정을 위해 선택한 파일들의 목록을 담고 있다. 두 리스트 박스 사이에 있는 두 개의 버튼, ">>", "<<"이 있는데, 데이터베이스의 파일목록에서 그룹 의사결정을 할 파일을 선택한 후 ">>" 버튼을 누르면 그 파일이 선택된 파일목록에 추가되며, 선택된 파일목록에서 그룹 의사결정에 제외할 파일을 선택한 후 "<<" 버튼을 누르면 그 파일이 선택된 파일목록에서 제외된다.

GDM 다이얼로그 박스의 하단부에는 GDM, LIST ALL, LIST CANCEL, CANCEL 등의 4개의 버튼이 있다. 그룹 의사결정을 위한 파일들을 모두 선택한 후 GDM 버튼을 누르면 Result 다이얼로그 박스가 화면에 나타나며 원인에 대한 그룹 의사결정 결과를 보고 싶으면 "원인의 순위" 버튼을 누르고, 대책에 대한 그룹 의사결정 결과를 보고 싶으면 "대책의 순위" 버튼을 누른다.

LIST ALL 버튼을 누르면 데이터베이스의 파일목록의 모든 파일이 선택된 파일목록에 추가되며, LIST CANCEL 버튼을 누르면 선택된 파일목록의 모든 파일이 삭제된다. CANCEL 버튼을 누르면 그룹 의사결정을 취소하고 기본 메뉴바로 되돌아간다.

(4) View 메뉴

View 메뉴에는 Matrix Form, Result Form, Simple Test Form, GDM Form 등의 명령이 있다. View 메뉴에서는 여러 종류의 다이얼로그 박스를 필요한 수행과정을 거치지 않고 직접 보여주는 기능을 수행한다.

① Matrix Form

Matrix Form 명령에 마우스를 올려놓으면 18개의 응답 다이얼로그 박스의 이름이 옆에 나타나며, 원하는 다이얼로그 박스의 이름을 선택하면 그 다이얼로그 박스가 화면에 나타나게 된다.

② Result Form

Result Form 명령을 선택하면 Result 다이얼로그 박스가 화면에 나타난다.

③ Simple Test Form

Simple Test Form 명령을 선택하면 Simple Test 다이얼로그 박스가 화면에 나타난다.

④ GDM Form

GDM Form 명령을 선택하면 GDM 다이얼로그 박스가 화면에 나타난다.

(5) 툴바

그림 E-2의 기본 메뉴바에서 메뉴바의 하단부에 8개의 버튼으로 구성된 것이 툴바이다. 툴바는 메뉴바에서 자주 사용하는 기능들을 보다 쉽게 사용할 수 있도록 버튼으로 구성해 놓은 것으로 왼쪽으로부터 New, Open, Save, Del, Run, Result, Simple Test, Group Decision Making 등의 기능을 수행한다.

신체장애 유발원인 분석을 통한 프레스 등
위험기계의 안전대책 연구

(기안연 96-2-2)

발 행 일:1996. 12. 31

발 행 인:산업안전연구원장 이 한 훈

연구수행자:책임연구원 이 형 배

인하대 산업과 교수 박 동 현

발 행 처:한국산업안전공단

산업안전연구원

(기전안전연구실)

주 소:인천직할시 북구 구산동 34-4

전 화:(032)5100-843

F A X:(032)518-6483

<비 매 품>