



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



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

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

[Disclaimer](#)

석사학위논문

EXCEL을 이용한 유해요인조사용
위험성 평가 시스템 개발



2013년

HANSUNG
UNIVERSITY

한성대학교 대학원

산업경영공학과

산업경영공학전공

김 우 진

석사학위논문
지도교수 정병용

EXCEL을 이용한 유해요인조사용 위험성 평가 시스템 개발

Development of Risk Assessment System
for Risk Factor Analysis Using EXCEL

2012년 12월 일

한성대학교 대학원

산업경영공학과

산업경영공학전공

김 우 진

석사학위논문
지도교수 정병용

EXCEL을 이용한 유해요인조사용 위험성 평가 시스템 개발

Development of Risk Assessment System
for Risk Factor Analysis Using EXCEL

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2012년 12월 일

한성대학교 대학원

산업경영공학과

산업경영공학전공

김 우 진

김우진의 공학 석사학위논문을 인준함

2012년 12월 일



심사위원장 _____인

심 사 위 원 _____인

심 사 위 원 _____인

국 문 초 록

EXCEL을 이용한 유해요인조사용 위험성평가 시스템 개발

한성대학교 대학원
산업경영공학과
산업경영공학전공
김 우 진

위험성평가는 위험요인을 찾아서, 작업자가 원하는 적절한 수준까지 효율적으로 감소시키는 기법이다. 본 연구는 근골격계질환의 예방을 위한 유해요인조사에서 위험성평가의 적용방안을 제시하는 것이 목적이다. 본 연구에선 위험성평가를 효율적으로 적용하기 위해 엑셀을 이용하여 프로그램을 개발하였으며, 근골격계부담작업 유해요인조사 가이드라인(KOSHA GUIDE H-9-2012)과 OWAS, RULA, REBA 등의 정성적이고, 분석적인 방법을 적용할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 개발된 프로그램은 전통적인 방법보다 인간공학적 작업 분석을 쉽고 빠르게 수행할 수 있다. 유해요인조사에서의 위험성평가 시스템 적용은 산업재해를 예방할 뿐만 아니라 작업의 효율성을 향상시키는 데 중요한 접근방법이다. 본 연구에서 개발된 연구결과는 작업관련성 근골격계질환 예방을 위한 위험성평가 및 관리 정책에 대한 기초 자료로 이용될 수 있을 것으로 여겨진다.

【주요어】 위험성평가, 유해요인조사, 인간공학적 작업평가

목 차

제 1 장 서 론	1
제 2 장 유해요인조사의 위험성 평가적 접근	5
제 1 절 유해요인조사용 작업평가 도구	5
제 2 절 매트릭스를 이용한 위험성 평가	12
제 3 절 유해요인조사의 위험성 평가적 접근	14
제 3 장 유해요인조사용 위험성 평가 시스템 개발 및 적용	24
제 1 절 유해요인조사용 위험성 평가 시스템 개발	24
제 2 절 유해요인조사용 위험성 평가 시스템 적용 사례	33
제 4 장 결론 및 검토	41
【참고문헌】	43
ABSTRACT	46

【 표 목 차 】

[표 2-1] 작업조건 조사표 2단계 양식	7
[표 2-2] 작업 자세 조치수준 표	9
[표 2-3] 총 점수에 의한 조치수준 표	10
[표 2-4] REBA 점수에 의한 조치수준 표	11
[표 2-5] 위험 정도와 의사결정변수	13
[표 2-6] 작업강도 등급 기준 표	14
[표 2-7] 작업빈도 등급 기준 표	15
[표 2-8] 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준 표	16
[표 2-9] 부담도 판단기준 1에 의한 작업부담도 매트릭스(5×5)	17
[표 2-10] 부담도 판단기준 2에 의한 작업부담도 매트릭스(5×5)	17
[표 2-11] 워크샘플링에 의한 결과	18
[표 2-12] 작업평가 결과 요약 표	18
[표 2-13] OWAS, RULA의 작업 자세 조치수준 표	19
[표 2-14] 단위작업 빈도의 기준	19
[표 2-15] 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준 표	20
[표 2-16] OWAS, RULA의 조치수준과 작업빈도에 의한 작업부담도 수준 (판단기준 1)	20
[표 2-17] OWAS, RULA의 조치수준과 작업빈도에 의한 작업부담도 수준 (판단기준 2)	21
[표 2-18] REBA 점수에 의한 조치수준 표	21
[표 2-19] 단위작업 빈도의 기준	22
[표 2-20] REBA의 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준 표	22
[표 2-21] REBA의 조치수준과 작업빈도에 의한 작업부담도 수준 (판단기 준 1)	23
[표 2-22] REBA의 조치수준과 작업빈도에 의한 작업부담도 수준 (판단기 준 2)	23
[표 3-1] A사의 제빵 공정의 작업부담도 매트릭스 (5×5)	34

[표 3-2] OWAS분석에 의한 A작업반의 구체완성공정의 작업부담도 매트릭스	36
[표 3-3] RULA분석에 의한 A작업반의 구체완성공정의 작업부담도 매트릭스	38
[표 3-4] REBA분석에 의한 A작업반의 구체완성공정의 작업부담도 매트릭스	40



【 그림 목 차 】

<그림 1-1> 위험 관리 절차	2
<그림 2-1> 유해요인조사 절차도	6
<그림 2-2> OWAS 시스템 구성도	8
<그림 2-3> RULA 시스템 구성도	10
<그림 2-4> REBA 시스템 구성도	11
<그림 2-5> 빈도와 강도를 기초로 한 위험도 매트릭스	12
<그림 2-6> 위험과 조치수준	15
<그림 3-1> 근골격계부담작업 체크리스트 Excel Sheet	24
<그림 3-2> 근골격계부담작업 및 작업부담도 설문자료	25
<그림 3-3> 근골격계부담작업 선정기준 표	25
<그림 3-4> 근골격계부담작업 선정기준 분석표	26
<그림 3-5> 작업부담도 매트릭스 구성 프로그램(5등급)	26
<그림 3-6> 작업부담도 매트릭스 구성 프로그램(3등급)	26
<그림 3-7> OWAS 교육 및 단면평가용 프로그램	27
<그림 3-8> OWAS 종합평가 프로그램	27
<그림 3-9> 작업부담도 매트릭스 구성 프로그램(OWAS)	28
<그림 3-10> RULA 분석표의 사진 삽입 기능	29
<그림 3-11> RULA 분석표의 Group A, B 작업자세 평가 프로그램 ·	29
<그림 3-12> RULA 분석표의 누적비율 분석 프로그램	30
<그림 3-13> 작업부담도 매트릭스 구성 프로그램(RULA)	30
<그림 3-14> REBA 분석표의 사진 삽입 기능	31
<그림 3-15> REBA 분석표의 Group A, B 작업자세 평가 프로그램 ·	31
<그림 3-16> REBA 분석표의 누적비율 분석 프로그램	32
<그림 3-17> 작업부담도 매트릭스 구성 프로그램(REBA)	32
<그림 3-18> 근골격계부담작업 체크리스트 설문 데이터	33
<그림 3-19> 작업부담도 산출 결과(5×5)	33
<그림 3-20> 샘플링한 데이터를 토대로 OWAS로 평가한 결과	35

<그림 3-21> OWAS 분석표 프로그램을 사용한 결과	35
<그림 3-22> 샘플링한 데이터를 토대로 RULA로 평가한 결과	37
<그림 3-23> RULA 분석표 프로그램을 사용한 결과	37
<그림 3-24> 샘플링한 데이터를 토대로 REBA로 평가한 결과	39
<그림 3-25> REBA 분석표 프로그램을 사용한 결과	39



제 1 장 서 론

우리나라에서는 업무상질병 이환자 중에서 근골격계질환자가 차지하는 비율이 매년이 증가하여 2011년도에는 업무상질병 이환자의 75.0%를 차지하고 있다(고용노동부, 2012). 이에 정부는 2003년부터 근골격계질환 예방을 위하여 사업주의 의무를 부과하는 산업안전보건법 제 24조 1항 5호를 신설하였고, 동법 시행령 제 17조 및 산업보건기준에 관한 규칙을 개정하였고, 고용노동부 고시 제 2003-24호의 제정 · 고시를 통해 근골격계질환을 예방하기 위한 조치 및 의무사항을 규정하였다(한국산업안전보건공단, 2007). 이에 따라 국내사업장들은 근골격계질환의 예방과 관리를 위하여 유해요인조사, 작업환경개선, 의학적 조치, 유해성주지 및 근골격계 질환 예방관리 프로그램의 수립, 시행 등의 다양한 예방활동을 추진하고 있다(정병용, 2010).

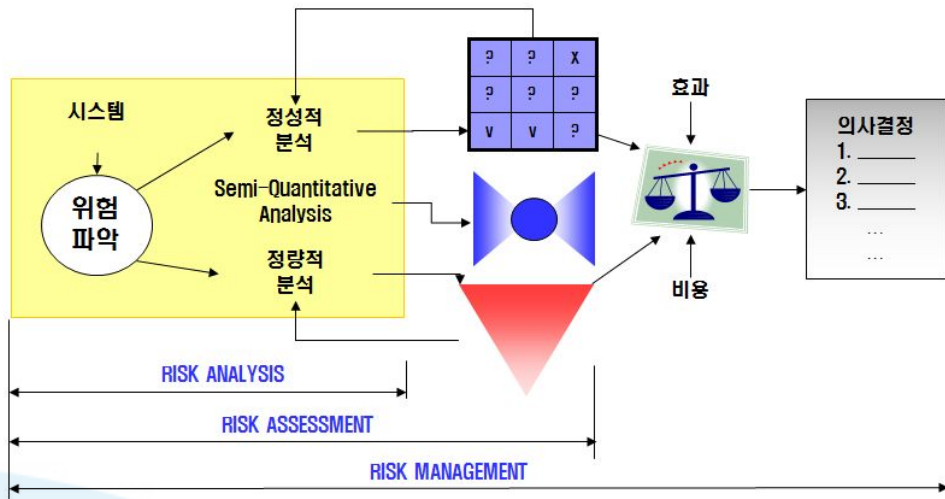
근골격계질환 예방을 위한 유해요인조사용 작업평가방법론에 관한 연구는 작업평가방법론의 도출(이윤근 외, 2001; 이인석 외, 2002; 기도형, 2007), 기존 평가방법의 타당성 비교(이인석 외, 2003; 박재희와 곽원택, 2006; 박경식 외, 2006; 최현석 외, 2007), 평가방법론을 적용한 작업평가 연구(이관석 외, 2007; 김대성 외, 2009), 작업평가용 전산시스템 또는 소프트웨어의 구축에 관한 연구(정병용 외, 2005; 김현호와 정병용, 2006; 이준엽 외, 2007) 등으로 분류할 수 있다.

한편, 정부는 현행 산업안전보건법으로는 산업 환경의 변화와 다양한 위험요인의 관리에 한계가 있다고 판단하고, 2009년 2월 개정된 산업안전보건법 제 5조 1항에는 위험성 평가제도의 핵심인 사업주의 위험성 평가 의무를 도입하였으며, 2013년도부터는 전면실시를 앞두고 있다(Jeong et al., 2012).

위험성 평가란 유해위험요인을 파악하여 당해 유해요인이 사고 또는 질병으로 이어질 수 있는 가능성(빈도)과 중대성(강도)를 계산하고 감소대책을 수립하여 실행하는 일련의 과정을 말한다(한국산업안전보건공단, 2012).

위험성 평가는 그림 1-1과 같이 자율적으로 위험요인을 찾아내고, 위험

수용성 판정기준과 위험도에 따라 위험감소 방안의 우선순위를 결정한 뒤, 개선안을 시행하는 절차로 진행된다(HSE, 2002).



출처: HSE(2002).

그림 1-1. 위험 관리 절차

정부에서는 위험성 평가 제도의 도입에 따라 2010년부터 ‘위험요인 자기 관리사업’을 실시하고 있으며, 시범사업을 통하여 업종별 모델과 매뉴얼을 개발하여 보급하고, 사업장을 대상으로 위험성 평가 제도의 활성화를 위한 재정적 기술적 지원을 하고 있다(한국산업안전보건공단, 2010). 또한, 위험성평가 제도 도입에 따른 부작용 최소화 및 인프라 구축을 위해 기존제도와 별도로 단계적 도입을 추진하고 있으며, 2010년부터 2012년까지는 특정지역을 대상으로 시범운동을 하고 2012년에는 고시 마련 등 인프라를 확충하고, 2013년에 전국 확대를 목표로 추진하고 있다(한국산업안전보건공단, 2012).

고용노동부 고시 제2012-104호 사업장 위험성 평가에 관한 지침에 따르면, 사업주가 스스로 사업장의 유해·위험요인에 대한 실태를 파악하고 이를 평가하여 관리·개선하는 등 필요한 조치를 할 수 있도록 지원하기 위하여 위험성평가를 하는 방법, 절차, 시기 등에 대한 기준을 제시하고, 위험성평가 활성화를 위한 시책의 운영 및 지원 사업, 그밖에 필요한 사항을

규정함을 목적으로 한다고 지침으로 정하고 있다. 또한, 위 고시 부칙 1조(시행일)에 따르면, 이 고시는 2013년 1월 1일부터 시행한다. 다만, 제3장(위험성 평가 인정)의 규정은 근로자 수 50명 이상 사업장(건설공사를 제외한다)에 대해서는 2014년 1월 1일부터 시행한다고 지침을 정하고 있다.

위 고시 제2장 5조 2항에 따르면, 사업주가 다음에서 정하는 제도를 이행하여 이 고시에서 규정하는 바를 충족하는 경우에는 그 부분에 대하여 이 고시에 따른 위험성 평가를 실시한 것으로 본다고 명시되어 있으며, 근골격계부담작업 유해요인조사(안전보건규칙 제 657조부터 제662조까지)가 포함되어 있다(한국산업안전보건공단, 2012).

하지만, 그동안 유해요인조사를 시행하면서 위험성 평가적인 접근을 실질적으로 수행한 사례나 연구는 많지 않다. 본 연구는 이러한 법적 근거를 바탕으로 2013년 위험성평가제도 전면시행에 앞서 근골격계부담작업 유해요인조사의 시행에 관한 위험성 평가적 접근방법을 모색하고, 절차를 제시하고자 한다.

유해요인조사에서는 설비·작업공정·작업량·작업속도 등의 작업장 상황과 작업시간·작업자세·작업방법 등의 작업조건 그리고 작업과 관련된 근골격계질환 증후 및 증상 유무를 실질적으로 작업평가를 통하여, 작업의 유해요인과 유해요인의 원인을 파악하여 개선여부를 결정하는 절차로 구성된다. 위의 작업평가와 작업평가과정에서는 작업의 빈도와 강도를 이용하여 작업의 위험성이나 부담도를 평가할 수 있다. 본 연구에서는 유해요인조사과정에서 작업평가와 개선조치 과정에서의 위험성 평가의 활용방안을 제시하고자 한다.

본 연구의 범위는 다음과 같다.

첫째, 유해요인 조사에서 근로자의 설문이나 면담을 위주로 한 정성적 접근과 인간공학적 작업평가를 기반으로 하는 정량적 평가로 나누어서 위험성 평가에 관한 접근방법을 제시하고자 한다.

둘째, 위험성 평가제도의 적용 효율성을 위해 사용하기 편리한 Excel을 이용하여 정성적, 정량적 평가 방법과 조치수준 설정에 관한 응용 프로그램을

램을 개발하고자 한다.

셋째, 제조업의 작업현장에서 촬영한 작업 내용을 개발된 시스템을 이용하여 적용함으로써 시스템의 유효성을 검토하고자 한다.



제 2 장 유해요인조사의 위험성 평가적 접근

제 1 절 유해요인조사용 작업평가 도구

근골격계부담작업 유해요인조사 지침(KOSHA GUIDE H-9-2012)에 의하면 어떤 단위작업의 근골격계질환 유해도는 작업부하와 작업빈도의 곱으로서 평가되거나, 근골격계질환 증상호소율로 평가된다. 또한, 유해요인조사 지침에서는 부록에서 RULA나 REBA와 같은 인간공학적 작업분석 평가도구를 사용할 것을 추천하고 있다(한국산업안전보건공단, 2012).

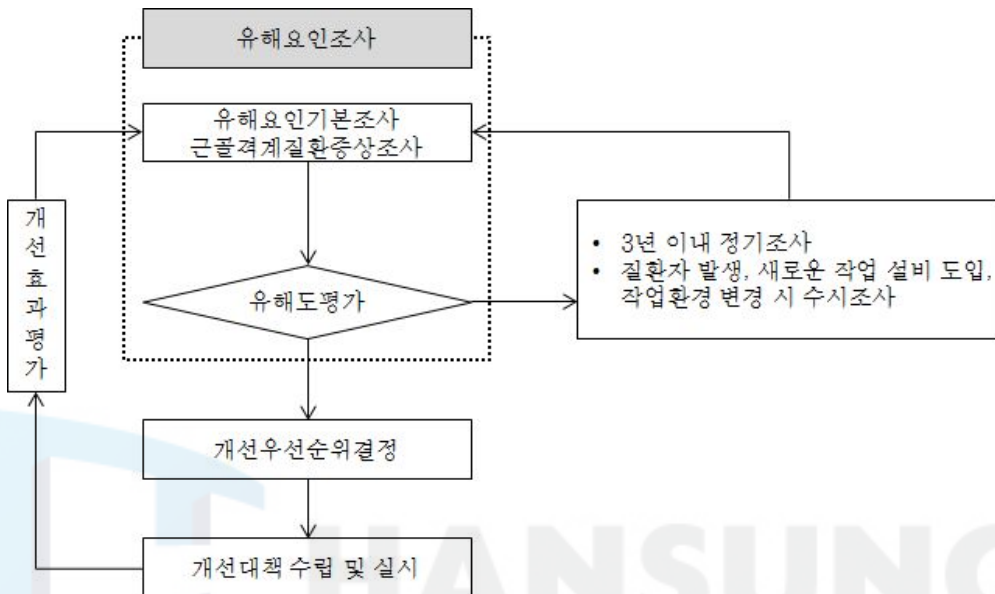
1. 정성적 평가 도구

1) 근골격계부담작업 유해요인조사 지침

KOSHA GUIDE-H-9-2012은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제 12장에 규정에 따라 근골격계부담작업의 유해요인조사 목적, 시기, 방법, 내용, 조사지, 개선과 사후조치 등을 제시하고 있다. 유해요인조사는 그림 2-1에서 정하는 바와 같이 유해요인 기본조사, 근골격계질환 증상조사와 유해도평가로 이루어지며, 유해요인 조사결과에 따라 개선우선순위 결정, 개선대책 수립과 실시 등의 유해요인관리와 개선효과 순서로 진행된다(한국산업안전보건공단, 2012).

유해요인기본조사와 근골격계질환증상조사는 유해요인 기본조사표와 근골격계질환 증상조사표를 사용한다. 다만, 유해요인기본조사와 근골격계질환증상조사결과 추가적인 정밀평가가 필요하다고 판단되는 경우 작업분석·평가도구를 이용한다. 유해도평가는 유해요인기본조사 총점수가 높거나 근골격계질환증상호소율이 다른 부서에 비해 높은 경우에는 유해도가 높다고 할 수 있다. 개선 우선 유해도가 높은 작업 또는 특정근로자 중에서 다수의 근로자가 유해요인에 노출되고 있거나 증상 및 불편을 호소하는

작업이거나, 비용편익효과가 큰 작업일 경우에 우선한다(한국산업안전보건공단, 2012).



출처: 한국산업안전보건공단(2012).

그림 2-1. 유해요인조사 절차도

2) 유해요인 기본조사표(KOSHA GUIDE H-9-2012)

유해요인조사 시행지침인 KOSHA GUIDE H-9-2012에 의하면 유해요인 기본조사표는 부담작업에 대한 작업개선을 목표로 보건관리자나 사업주가 지정하는 자가 작업장상황과 작업조건의 변화 여부와 작업에 대한 위험요인과 위험요인의 원인을 분석하도록 되어 있다.

유해요인조사표는 부담작업인 경우에 작성하도록 되어 있으나, 유해요인조사표의 작업조건 조사 양식에서는 1단계에서 작업명과 작업별 작업내용을 조사하고, 2단계에서 근로자 면담을 통하여 각 작업별 작업부하 및 작업빈도를 구하여 유해도를 평가한 후, 3단계에서 유해요인 및 원인을 평가하도록 되어 있다. 즉, 작업명을 기준으로 단위작업별로 유해도 및 유해

원인을 작성하도록 되어 있다.

표 2-1와 같이 유해요인조사 기본조사표의 작업조건 조사표 2단계 양식은 작업의 부하 × 빈도와 같은 일반적 위험성평가 방법과 같은 형태로 수행하도록 하고 있다(한국산업안전보건공단, 2012). 이는 작업의 위험도를 일괄적으로 평가할 수 있으나, 지나치게 주관적이고 변별력이 없는 문제점을 가지고 있다. 그럼에도 KOSHA GUIDE에서 부하 × 빈도로 근골격계 부담작업 유해요인 조사 방법으로 제정한 것은 전문 인력의 지원을 받기 힘든 대다수 소규모 기업의 현황을 반영한 것이다.

표 2-1. 작업조건 조사표 2단계 양식

2단계: 각 작업별 작업부하 및 작업빈도 (근로자 면담)

작업 부하(A)	점수	작업 빈도(B)	점수
매우 쉬움	1	3개월마다(년 2~3회)	1
쉬움	2	가끔(하루 또는 주 2~3일)	2
약간 힘들	3	자주(1일 4시간)	3
힘들	4	계속(1일 4시간 이상)	4
매우 힘들	5	초과근무 시간(1일 8시간 이상)	5

작업내용	작업 부하(A)	작업 빈도(B)	총점수(A×B)

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

2. 정량적 작업평가도구

1) OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

OWAS는 핀란드의 철강회사인 Ovako Oy에 의해 1970년대 중반에 개발된 후에 Ovako Oy와 핀란드 산업보건연구원(FIOSH, Finnish Institute for Occupational Health)가 공동으로 수정하여 개발한 대표적인 작업부하 평가방법이다. 이 방법은 작업자들의 부적절한 작업자세를 정의하고 평가하기 위해 개발한 방법으로 작업자의 자세를 일정 간격으로 관찰하여 분석하는 워크 샘플링(Working Sampling)에 기본을 두고 있다. 그림 2-2와 같이 작업자의 자세를 팔, 허리, 다리 등 인체를 세 부위의 자세로 구분해 분류한 후 여기에 부하까지 고려해 작업을 코딩한 후, 각 코드에 해당하는 조치수준(Action Level)을 가지고 작업부하를 평가한다(Karhu et al., 1977).



출처: Karhu et al.(1977).

그림 2-2. OWAS 시스템 구성도

OWAS는 작업 자세 분류가 매우 단순해 적용이 쉽다는 장점을 가지나, 반대로 작업 자세 분류가 세밀하지 못한 것이 단점이라 할 수 있다. 그렇기 때문에 OWAS는 순간의 작업 자세보다 작업 사이클 전체를 촬영한 후 일정 간격으로 샘플링 된 작업 장면에 대해 각각 작업 부하를 평가한 후, 그 평균값으로 작업을 평가하는 것이 일반적이다(Vedder, 1998).

표 2-2은 조치수준에 대한 설명을 나타낸 표이다. 전체를 4등급으로 분류하여 개선의 필요성이 없는 수준 1에서 긴급 정도에 따라 수준 2, 3, 4로 분류한다. 조치수준 3, 4는 개선이 시급한 자세로 평가되며, 수준 2는 지속적인 관심을 가지고 장기적으로 개선을 필요로 하는 수준으로 평가한다(Karhu et al., 1977).

표 2-2. 작업 자세 조치수준 표

조치 수준	평가 내용
수준 1 (Acceptable)	작업 자세에 아무런 조치도 필요 없는 정상 작업 자세
수준 2 (Slightly harmful)	지속적인 관심을 가지고 장기적으로 개선이 필요함
수준 3 (Distinctly harmful)	작업 자세의 교정이 필요함
수준 4 (Extremely harmful)	즉각적인 작업자세의 교정이 필요함

출처: Karhu et al.(1977)

2) RULA(Rapid Upper Limb Assessment)

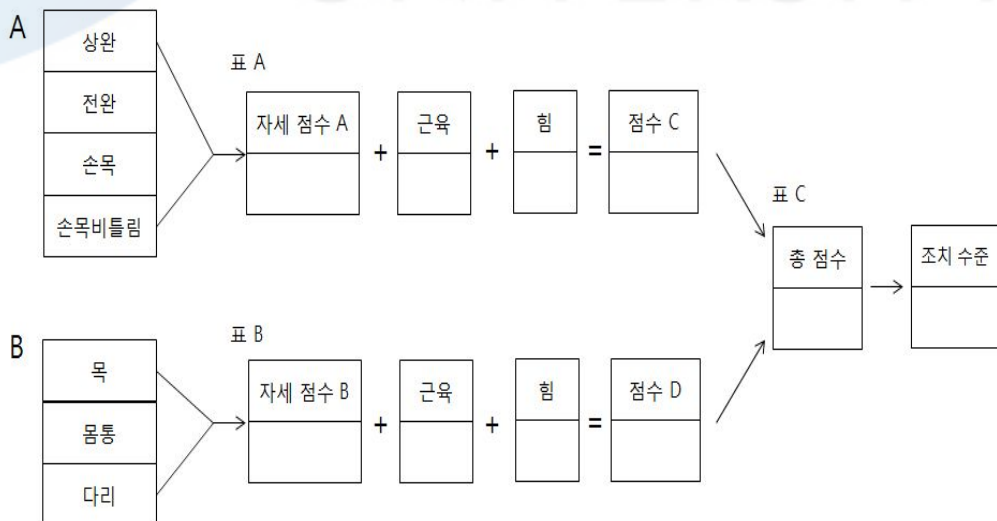
RULA는 영국의 Lynn McAtamney와 Nigel Corlett가 1990년대 초에 개발한 방법으로 어깨, 팔, 손목, 목 등 상지(upper limb)에 초점을 맞추어서 작업 자세로 인한 작업부하를 쉽고 빠르게 평가할 수 있다. 그림 2-3와 같이 RULA에서는 평가를 좀 더 쉽게 하기 위해 신체를 상완(Upper arm), 전완(Lower arm), 손목(Wrist)의 A그룹과 목(Neck), 몸통(Trunk), 다리(legs)의 B그룹으로 나누어 미리 주어진 코드 체계(Coding System)를 이용하여 자세점수를 부여한다. 그룹별 자세 점수는 근육과 힘을 고려하여

그룹별 점수가 되고, 이를 종합하여 점수를 구한다. 표 2-3과 같이 RULA 자세평가에 의한 조치수준을 전체 4등급으로 분류하여 개선의 필요성이 없는 수준 1에서 수준 4까지 분류하였다. 그 중에서 조치수준 3, 4는 개선이 필요한 자세로 평가되며, 수준 2는 작업 자세에 대한 추가적인 연구가 필요하고, 작업 자세를 변경할 필요가 있는 수준으로 평가한다 (McAtamney and Corlett, 1993).

표 2-3. 총 점수에 의한 조치수준 표

조치 수준	총 점수	평가 내용
1	1~2	작업이 오랫동안 지속적으로, 그리고 반복적으로만 행해지지 않는다면 작업 자세에 별 문제가 없음.
2	3~4	작업 자세에 대한 추가적인 연구가 필요하고, 작업 자세를 변경할 필요가 있음.
3	5~6	작업 자세를 되도록 빨리 변경해야 함.
4	7	작업 자세를 즉각 바꾸어야 함.

출처: McAtamney and Corlett(1993).

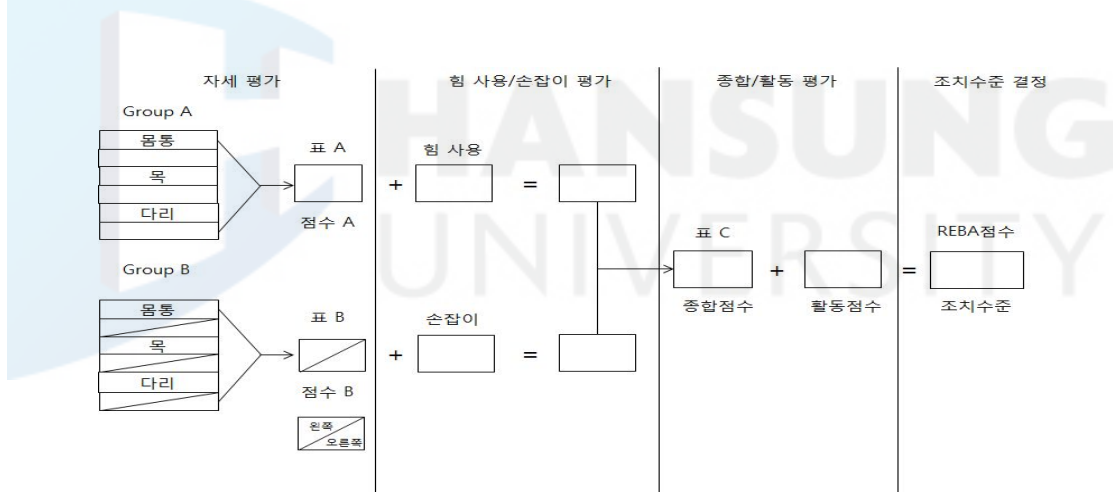


출처: McAtamney and Corlett(1993).

그림 2-3. RULA 시스템 구성도

3) REBA(Rapid Upper Limb Assessment)

RULA가 상지 작업 위주의 평가를 목적으로 개발되었기에 전신 작업에 적용하는 데에는 문제가 있었다. 이에 RULA를 개발했던 팀이 이와 비슷한 절차를 따르는 전신작업 작업부하 평가방법인 REBA를 개발했다. 그림 2-4와 같이, REBA는 RULA와 마찬가지로 신체를 상지의 자세와 목·허리·다리의 자세로 나누어 평가한다. 다만 최종적인 점수를 고려할 때 물건을 들 때의 손잡이에 대한 평가 등이 추가되었다. 표 2-4와 같이 최종적인 작업부하 평가는 RULA와 약간 다르게 조치수준을 0~4등급으로 분류해 5단계로 평가한다. 그러나 이 조치 수준에서도 3, 4등급으로 평가 받은 작업은 개선 대상 작업으로 고려되기에 OWAS나 RULA와 작업부하 평가 결과를 비교해볼 수 있다(Hignett and McAtamney, 2000).



출처: Hignett and McAtamney(2000).

그림 2-4. REBA 시스템 구성도

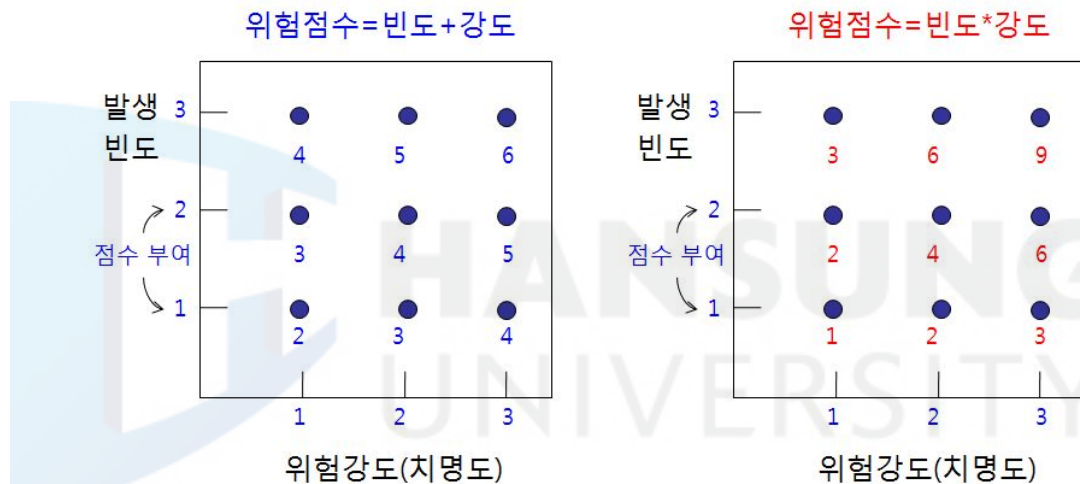
표 2-4. REBA 점수에 의한 조치수준 표

등급	REBA 점수	위험단계	조치
0	1	무시	필요 없음
1	2-3	낮음	필요할지도 모름
2	4-7	보통	필요함
3	8-10	높음	곧 필요함
4	11-15	매우 높음	지금 즉시 필요함

출처: Hignett and McAtamney(2000).

제 2 절 매트릭스를 이용한 위험성 평가

일반적으로 위험성평가에서 위험도는 위험의 강도와 빈도로써 표현한다. 위험의 강도와 빈도의 수준은 평가자가 주관적으로 부여하거나, 정해진 정량적인 판정기준에 의해 부여한다. 주로 서열척도를 이용하여 3등급(H: 1점, M: 2점, L: 3점)에서 5등급으로 표현한다. 그림 2-5는 강도와 빈도가 각각 3등급으로 정의된 위험요인들에 대한 위험도를 빈도와 강도의 합과 곱으로 나타낸 예이다.



출처: Jeong et al.(2012).

그림 2-5. 빈도와 강도를 기초로 한 위험도 매트릭스

그림 2-5에서 보면 빈도와 강도가 각각 높은(H: 3점) 경우에는 위험도가 6점(=3+3) 또는 9점(=3*3)으로 표현됨을 볼 수 있다. 위험도를 빈도와 강도의 합으로 표현할지 곱으로 표현할지에 관한 문제는 회사의 상황이나 위험요인의 여건을 반영하여 정하게 된다. 위험도 점수에 따라 위험의 수용여부에 관한 관리기준은 표 2-5과 같이 3등급이나 5등급이 주로 사용되며, 위험 수준에 따라 특정 위험 수준의 등급 이상에 대해서는 개선 계획을 세우고 위험감소활동을 시행하게 된다(Jeong et al., 2012). 위험 수준을 3등급으로 분류하는 경우에는 위험 수용(1등급), 조건부 위험 수용(2등급),

위험 불허(3등급)로 분류한다. 표 2-5에서와 같이 5등급으로 위험 수준을 분류하는 경우에는 위험 수준 1등급(무시할 정도의 위험), 2등급(수용가능한 위험)은 위험성을 수용하며 현 상태로 계속 작업이 가능하다. 3등급(온건한 위험), 4등급(큰 위험)은 조건부 위험 수용으로, 현재 위험이 나타나지 않으면 계속 작업이 가능하지만 위험감소 활동을 실시하여야 한다. 5등급(허용할 수 없는 위험)은 위험 불허로 즉시 작업을 중지하여야 한다 (Jeong et al., 2012).

표 2-5. 위험 정도와 의사결정 변수

등급	위험 정도	등급	위험 기준
1	사소한 위험	1	위험 수용
2	수용 가능 위험		
3	보통의 위험	2	조건부 위험 수용
4	중대한 위험		
5	수용 불가 위험	3	위험 불허

출처: Jeong et al.(2012).

제 3 절 유해요인조사의 위험성 평가적 접근

1. 정성적 작업부담도 평가

정성적 위험성 평가 접근으로는 KOSHA GUIDE H-9-2012 근골격계부담작업 유해요인조사 지침의 조사표에서 작업부하와 작업빈도의 기준을 활용하여 위험성 평가 매트릭스를 구성하는 방법을 고려할 수 있다.

작업조건 2단계 조사표는 근로자를 대상으로 작업강도와 작업빈도에 관한 설문조사를 통하여 이용할 수 있는 방법이다. 작업강도는 표 2-6와 같이 5등급 또는 3등급으로 설문조사에 의해 파악할 수 있다.

표 2-6. 작업 강도 등급 기준 표

작업 강도(힘든 정도)	5등급	3등급
매우 쉽다	1	1
쉽다	2	
보통이다	3	2
힘들다	4	3
매우 힘들다	5	

출처: Jeong et al.(2012).

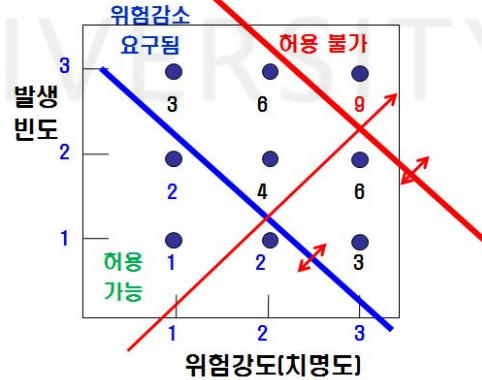
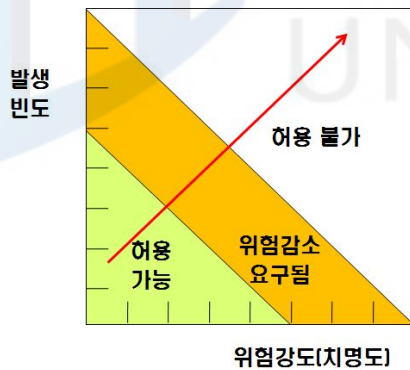
작업빈도는 표 2-7와 같이 5등급 또는 3등급으로 설문조사에 의해 파악할 수 있다. 작업빈도에 관한 정의는 회사의 여건 등에 의해 조정하여 정할 수 있다.

표 2-7. 작업 빈도 등급 기준 표

작업 빈도	5등급	3등급
일주일 3시간 이내	1	1
매일 30분 ~ 1시간 이내	2	
매일 1~2시간	3	2
매일 2~4시간	4	3
매일 4시간 이상	5	

출처: Jeong et al.(2012).

표 2-6과 표 2-7의 내용을 정리하면 그림 2-6과 같이 표현될 수 있다.



출처: Jeong et al.(2012).

그림 2-6. 위험과 조치수준

빈도나 강도는 회사의 여건에 따라 3점 또는 5점 척도의 등급으로 표현되고, 부담도를 빈도와 강도의 곱으로 표현하면 부담도를 기준으로 수용 가능한 위험 등급부터 허용할 수 없는 위험 등급까지 영역을 분리하여 표현할 수 있다. 위험성 평가에서는 빈도와 강도의 등급을 어떻게 정하고 몇

개의 수준으로 나누며, 부담도를 어떻게 표시하느냐, 부담도에 따라 관리 수준을 몇 등급으로 나누는가, 개선 조치 사항은 어떻게 연계시키는가에 대한 내용이 의사결정 변수라고 할 수 있다(Jeong et al., 2012).

작업빈도와 강도에 따른 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준은 표 2-8 같이 나타낼 수 있다. 표 2-8의 부담도 판단기준에 따른 작업부담도 관리수준 매트릭스를 구성하면 표 2-9, 표 2-10와 같이 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 사용자가 작업부담도의 관리수준에 관한 점수부여 구간을 선택함에 따라 조치수준을 결정할 수 있도록 하였다.

표 2-8. 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준 표

부담도 판단기준		작업개선수용	권장 활동 및 방법
1	2		
개선 (15~25)	개선 (15~25)	불수용	• 작업이 시작되기 전에 작업부담을 줄이기 위한 노력을 적어도 관찰 정도까지 되도록 노력한다. • 작업 부담을 줄이기 위한 공학적 개선을 시행하거나 적어도 작업시간을 줄이는 관리적 개선을 시행한 후에 작업에 임한다. • 작업시작 전부터 관리자에 의한 작업 단계별 관리가 요구됨.
관찰 (5~14)	관찰 (8~14)	부분수용	• 부여된 작업 환경 내에서 위험수준을 줄일 수 있도록 작업부하 등에 대한 세심한 주의 및 조치가 필요
유지 (1~4)	유지 (1~7)	수용	• 부가적인 위험관리 방법은 필요하지 않으나, 평가된 위험수준이 정확하도록 자주 검토돼야 함.

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

표 2-9. 부담도 판단기준 1에 의한 작업부담도 매트릭스(5×5)

작업강도 작업빈도	5	4	3	2	1
5	개선(25)	개선(20)	개선(15)	관찰(10)	관찰(5)
4	개선(20)	개선(16)	관찰(12)	관찰(8)	유지(4)
3	개선(15)	관찰(12)	관찰(9)	관찰(6)	유지(3)
2	관찰(10)	관찰(8)	관찰(6)	유지(4)	유지(2)
1	관찰(5)	유지(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

표 2-10. 부담도 판단기준 2에 의한 작업부담도 매트릭스(5×5)

작업강도 작업빈도	5	4	3	2	1
5	개선(25)	개선(20)	개선(15)	관찰(10)	유지(5)
4	개선(20)	개선(16)	관찰(12)	관찰(8)	유지(4)
3	개선(15)	관찰(12)	관찰(9)	유지(6)	유지(3)
2	관찰(10)	관찰(12)	유지(6)	유지(4)	유지(2)
1	유지(5)	유지(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

2. 정량적 작업부담도 평가

1) 유해요인조사에서의 작업평가

인간공학적 작업평가 도구를 이용한 정량적 작업부담도 평가는 작업시간 동안 분석한 작업과 작업 빈도를 이용하여 접근할 수 있다.

일반적으로 워크샘플링으로 작업평가를 이용하는 경우 표 2-11와 같은 결과를 얻을 수 있으며, 전체 샘플링횟수를 이용하면 표 2-12와 같은 요약 표를 얻을 수 있다.

표 2-11. 워크 샘플링에 의한 결과

작업 장면	작업 내용	조치수준
1		
2		
3		
...		
60		

표 2-12. 작업평가 결과 요약 표

작업내용 (단위작업)	빈도	조치수준 등급 평균	빈도 등급	강도 등급	작업부담도

2) OWAS, RULA를 이용한 접근

OWAS와 RULA의 작업부하 평가 후 등급 부여는 서로 동일한 방법을 취했으며, 최종 평가 결과도 조치수준을 4단계로 나누어 평가한다. 이를 토대로 OWAS, RULA를 이용한 접근을 동일하게 가져가고자 한다.

표 2-13는 OWAS, RULA의 작업 자세 조치수준을 나타낸 것이다. 이를 작업강도 값으로 사용하고자 한다.

표 2-13. OWAS, RULA의 작업 자세 조치수준 표

조치수준	평가 내용
수준 1 (Acceptable)	작업 자세에 아무런 조치도 필요 없는 정상 작업 자세
수준 2 (Slightly harmful)	지속적인 관심을 가지고 장기적으로 개선이 필요함
수준 3 (Distinctly harmful)	작업 자세의 교정이 필요함
수준 4 (Extremely harmful)	즉각적인 작업 자세의 교정이 필요함

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

작업빈도 등급은 작업분석 방법에 따라 측정변수와 기준을 정할 수 있으며, 표 2-14과 같이 총 샘플수를 기준으로 단위작업의 점유빈도를 이용하여 단위작업의 빈도 등급을 분류할 수 있다.

표 2-14. 단위작업 빈도의 기준

수준	빈도 기준(=빈도/표본수)
고(3)	0.15 이상
중(2)	0.05 이상~ 0.15 미만
저(1)	0.05 미만

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

작업빈도와 강도에 따른 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준은 표 2-15 같이 나타낼 수 있다. 표 2-15의 부담도 판단기준에 따라 작업부담도 관리수준 매트릭스를 구성하면 표 2-16, 표 2-17과 같이 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 사용자가 작업부담도의 관리수준에 관한 점수부여 구간을 선택함에 따라 조치수준을 결정할 수 있도록 하였다.

표 2-15. 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준 표

부담도 판단기준		작업개선수용	권장 활동 및 방법
1	2		
개선 (9~12)	개선 (9~12)	불수용	• 작업이 시작되기 전에 작업부담을 줄이기 위한 노력을 적어도 관찰 정도까지 되도록 노력한다. • 작업 부담을 줄이기 위한 공학적 개선을 시행하거나 적어도 작업시간을 줄이는 관리적 개선을 시행한 후에 작업에 임한다. • 작업시작 전부터 관리자에 의한 작업 단계별 관리가 요구됨.
관찰 (4~8)	관찰 (6~8)	부분 수용	• 부여된 작업 환경 내에서 위험수준을 줄일 수 있도록 작업부하 등에 대한 세심한 주의 및 조치가 필요
유지 (1~3)	유지 (1~4)	수용	• 부가적인 위험관리 방법은 필요하지 않으나, 평가된 위험수준이 정확하도록 자주 검토돼야 함.

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

표 2-16. OWAS, RULA의 조치수준과 작업빈도에 의한 작업부담도 수준 (판단기준 1)

작업빈도 \ 등급	즉시개선(4)	개선(3)	관찰(2)	정상(1)
고(3)	개선(12)	개선(9)	관찰(6)	유지(3)
중(2)	관찰(8)	관찰(6)	관찰(4)	유지(2)
저(1)	관찰(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

표 2-17. OWAS, RULA의 조치수준과 작업빈도에 의한 작업부담도 수준 (판단기준 2)

작업빈도 \ 등급	즉시개선(4)	개선(3)	관찰(2)	정상(1)
고(3)	개선(12)	개선(9)	관찰(6)	유지(3)
중(2)	관찰(8)	관찰(6)	유지(4)	유지(2)
저(1)	유지(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

3) REBA를 이용한 접근

표 2-18은 REBA의 REBA 점수에 의한 조치수준 표를 나타낸 것이다. 이를 작업강도 값으로 사용하고자 한다. REBA의 경우의 조치수준이 0부터 4까지 이므로, 조치수준이 0일 경우 빈도와 상관없이 0값을 가지므로, 새로 등급 값을 1~5등급으로 수정하였다.

표 2-18. REBA 점수에 의한 조치수준 표

조치수준	등급	REBA 점수	위험단계	조치
0	1	1	무시	필요 없음
1	2	2-3	낮음	필요할지도 모름
2	3	4-7	보통	필요함
3	4	8-10	높음	곧 필요함
4	5	11-15	매우 높음	지금 즉시 필요함

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

표 2-19는 총 샘플수를 기준으로 단위작업의 점유빈도를 이용하여 단위작업의 빈도 등급을 분류한 것이다. 빈도 등급은 작업분석 방법에 따라 측정변수와 기준을 정할 수 있다.

표 2-19. 단위작업 빈도의 기준

수준	빈도 기준(=빈도/표본수)
고	0.15 이상
중	0.05 이상 ~ 0.15 미만
저	0.05 미만

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

작업빈도와 강도에 따른 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준은 표 2-20 같이 나타낼 수 있다. 표 2-20의 부담도 판단기준에 따라 작업부담도 관리수준 매트릭스를 구성하면 표 2-21, 표 2-22와 같이 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 사용자가 작업부담도의 관리수준에 관한 점수부여 구간을 선택함에 따라 조치수준을 결정할 수 있도록 하였다.

표 2-20. REBA의 작업부담도 점수에 의한 3단계 조치수준 표

부담도		작업개선수용	권장 활동 및 방법
판단기준 1	판단기준 2		
개선 (10~15)	개선 (10~15)	불수용	- 작업이 시작되기 전에 작업부담을 줄이기 위한 노력을 적어도 관찰 정도까지 되도록 노력한다. - 작업 부담을 줄이기 위한 공학적 개선을 시행하거나 적어도 작업시간을 줄이는 관리적 개선을 시행한 후에 작업에 임한다. - 작업시작 전부터 관리자에 의한 작업 단계별 관리가 요구됨.
관찰 (5~9)	관찰 (7~9)	부분 수용	부여된 작업 환경 내에서 위험수준을 줄일 수 있도록 작업부하 등에 대한 세심한 주의 및 조치가 필요
유지 (1~4)	유지 (1~6)	수용	부가적인 위험관리 방법은 필요하지 않으나, 평가된 위험수준이 정확하도록 자주 검토해야 함.

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

표 2-21. REBA의 조치수준과 작업빈도에 의한 작업부담도 수준 (판단기준 1)

작업강도(등급) 작업빈도	5 (지금 즉시 필요함)	4 (곧 필요함)	3 (필요함)	2 (필요할지도 모름)	1 (필요 없음)
고(3)	개선(15)	개선(12)	관찰(9)	관찰(6)	유지(3)
중(2)	개선(10)	관찰(8)	관찰(6)	유지(4)	유지(2)
저(1)	관찰(5)	유지(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

표 2-22. REBA의 조치수준과 작업빈도에 의한 작업부담도 수준 (판단기준 2)

작업강도(등급) 작업빈도	5 (지금 즉시 필요함)	4 (곧 필요함)	3 (필요함)	2 (필요할지도 모름)	1 (필요 없음)
고(3)	개선(15)	개선(12)	관찰(9)	유지(6)	유지(3)
중(2)	개선(10)	관찰(8)	유지(6)	유지(4)	유지(2)
저(1)	유지(5)	유지(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

출처: 한국산업안전보건공단(2012).

제 3 장 유해요인조사용 위험성 평가 시스템 개발 및 적용

제 1 절 유해요인조사용 위험성 평가 시스템 개발

1. 정성적 작업평가도구 개발

1) 근골격계부담작업 체크리스트

고용노동부 고시 제 2011-38호 근골격계부담작업의 범위에 따르면, 11가지의 부담작업에 대한 정의되어 있다(고용노동부, 2011). 그림 3-1은 근골격계부담작업 체크리스트(한국산업안전보건공단, 2010)와 근골격계부담작업 유해요인조사지침 작업조건조사표를 결합하여 근골격계부담작업 여부 및 단위작업의 작업부하와 작업빈도의 내용을 한꺼번에 조사할 수 있도록 Excel Sheet를 구성하였다.

근골격계부담작업 체크리스트

사업장명		조사 일자					조 사 자							
공 정 명		공정 내용												
부담작업 해당여부 조사표(해당하는 항목에 O표시 하시오.)														
조 사 항 목	구분	근골격계 부담작업 범위												
		1호	2호	3호	4호	5호	6호	7호	8호	9호	10호	11호		
	노출시간	 총 4시간 이상	 총 2시간 이상	 총 2시간 이상	 총 2시간 이상	 총 2시간 이상	 총 2시간 이상	 총 2시간 이상	-	-	 하루에 총 2시간 이상	 하루에 총 2시간 이상		
	노출횟수	-	-	-	-	-	-	-	총 10회 이상	총 25회 이상	분당 2회 이상	시간당 10회 이상		
	신체부위	손,손가락, 목,어깨	목,어깨,손목, 손,팔꿈치	어깨, 팔	목,허리	다리,무릎,허리	손가락	손	허리	팔,어깨,허리	허리	손,무릎,팔꿈치		
	작업자세 및 내용	집중적인 자료입력 (마우스, 키보드 사용)	같은 동작 반복작업	*팔꿈치가 몸통으로부터 돌출	구부러지거나 비틀	조그리고 앉거나 무릎을 굽힘	한손가락 집기 작업	물건 잡는 작업	물건을 드는 작업	*어깨 위에서 들기 *팔을 뻗은 상태에서 물건을 드는 작업	물건을 드는 작업	반복적인 충격		
	무게	-	-	-	-	-	-1kg 이상의 물건 ~2kg 이상에 상응하는 힘	-4.5kg이상의 물건 중대한 무게의 힘	25kg 이상	10kg 이상	4.5kg 이상	-		
	단위 작업	작업내용	힘든정도 보기: 1) 매우 쉬움 2) 쉬움 3) 보통 4)힘들 5) 매우 힘들											
힘든정도		작업빈도	작업빈도 보기: 3) 2~4시간 4) 4~8시간 5) 8시간 이상											

출처: 한국산업안전보건공단(2010).

그림 3-1. 근골격계부담작업 체크리스트 Excel Sheet

그림 3-1의 양식을 기반으로 근로자들로부터 설문 받은 내용(과, 라인명, 공정명, 작업명, 요소 작업명, 작업자, 작업내용 등)을 그림 3-2의 엑셀 시트에 기록하는 양식을 만들었다.

부담작업 및 작업부담도 설문자료

번호	과	라인명	공정	작업	요소작업	작업자	작업내용	작업부담도			부담작업여부										
								부하	빈도	부담도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					

그림 3-2. 근골격계부담작업 및 작업부담도 설문자료

그림 3-2에서 기록된 내용을 토대로 그림 3-3의 부담작업 선정 기준표에 옮기고 자동으로 계산해줄도록 Microsoft Excel 2010의 매크로를 사용하여 개발하였다. 버튼은 기록버튼과 초기화 버튼으로 구성하였다. 부담작업 선정 기준표에서 부담작업 호소비율 기준을 자유자재로 변경할 수 있도록 구성하였다.

기록		초기화		부담작업 선정 기준표														부담작업 호소비용 기준 20 %									
번호	번호	과	라인명	공정	작업	요소작업	근로자수	부담작업여부											작업부담도평균								
								여부	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	부하	빈도	부담도					
1	1																										
2	2																										
3	3																										
4	4																										
5	5																										
6	6																										
7	7																										
8	8																										
9	9																										
10	10																										

그림 3-3. 근골격계부담작업 선정기준 표

그림 3-3에서 기록된 내용을 토대로 그림 3-4의 부담작업 선정 기준 분석표로 옮기고 공정별 부담도 순과 전체 부담도 순으로 정렬하도록 Microsoft Excel 2010의 매크로를 사용하여 개발하였다.

부담작업 선정 기준 분석표

								부담작업 호소비용 기준 20 %																	
번호	번호	과	라인명	공정	작업	요소작업	근로자수	부담작업여부											작업위험도평균						
								여부	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	부하	빈도	위험도			
1	1																								
2	2																								
3	3																								
4	4																								
5	5																								
6	6																								
7	7																								
8	8																								
9	9																								
10	10																								

그림 3-4. 근골격계부담작업 선정 기준 분석표

그림 3-5, 그림 3-6과 같이, 그림 3-4에서 공정별 작업부담도 평균값을 토대로 5×5 작업부담도 매트릭스와 3×3 작업부담도 매트릭스를 구성하는 프로그램을 만들었다. 그리고 등급 범위를 사용자가 설정할 수 있도록 옵션을 두었다.

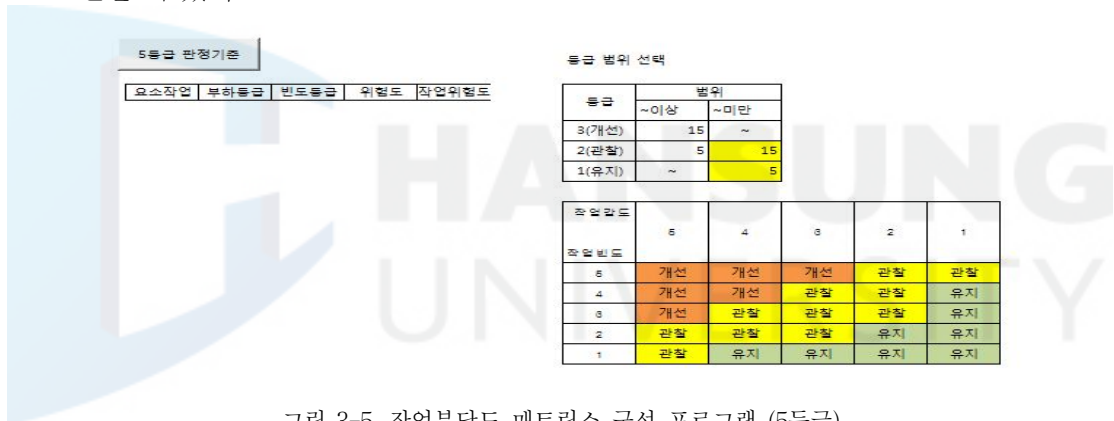


그림 3-5. 작업부담도 매트릭스 구성 프로그램 (5등급)

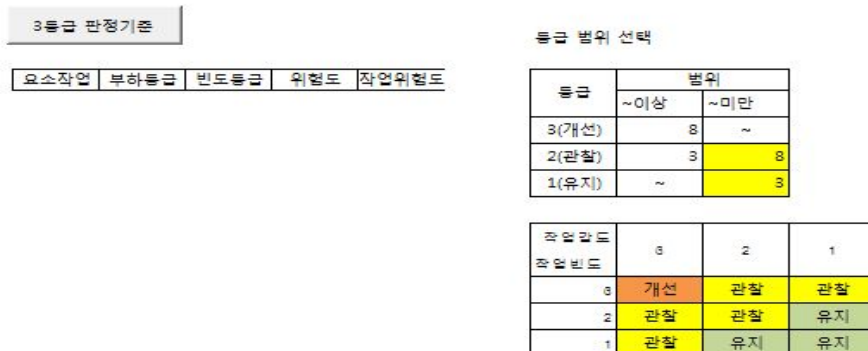


그림 3-6. 작업부담도 매트릭스 구성 프로그램 (3등급)

2. 정량적 작업평가도구 개발

1) OWAS 분석표 프로그램

OWAS(Karhu et al., 1977)를 토대로 교육 및 단면평가용 OWAS 프로그램을 개발하였다. 허리, 팔, 다리, 중량 순으로 평가하도록 배치하였다. 그리고 우측에 사진을 보면서 평가 할 수 있도록 사진 넣기 버튼을 제공하였다. Clear버튼을 두어 프로그램을 다시 실행할 필요 없이 바로 초기화 할 수 있도록 프로그램을 구성하였다. 또한 분석결과를 바로 볼 수 있게, 사진 하단에 배치하였다.

OWAS 분석표
(the Ovako Working Posture Analyzing System)

분석자
날 짜

한성대학교 인간공학연구소
2012. 04. 19(토)

작업자
작업설명

전철 작업자
역공 통반

부위	그림	코드	설명	Check	중요
허리		1	곧바로 편 자세(서 있을)	○	0
		2	상체를 앞으로 20도 이상 굽힌 자세	○	
		3	바로 서서 허리를 앞으로 20도 이상 비튼 자세	○	
		4	상체를 앞으로 굽힌 채 옆으로 비튼 자세	○	
팔		1	팔을 어깨 아래로 내린 자세	○	0
		2	한 손만 어깨 위로 올린 자세	○	
		3	양손 모두 어깨 위로 올린 자세	○	
다리		1	양다리 자세	○	0
		2	두 다리를 굽고 선 자세	○	
		3	한 다리를 선 자세	○	
		4	두 다리를 구부린 선 자세	○	
		5	한 다리를 서서 구부린 선 자세	○	
		6	무릎 꿇은 자세	○	
		7	엎드린 자세	○	
중량		1	10kg 미만	○	0
		2	10~20kg	○	
		3	20kg 이상	○	
		4	비밀급	○	
복		1	곧바로/자유 자세	○	0
		2	앞으로 20도 이상 굽은 자세	○	
		3	옆으로 20도 이상 굽은 자세	○	
		4	뒤로 20도 이상 굽은 자세	○	
		5	비밀급	○	

사진 넣기

분석결과				
합계	허리	팔	다리	중요
최대	0	0	0	0
평균	#VALUE!			
결과	#VALUE!			

등급별 평가	
1	양호
2	지속적 관찰
3	개선
4	즉시 개선

부위	단면																	
	1	2	3	4	5	6	7											
허리	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
2	1	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3
	2	2	2	3	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	4	2	3
	3	3	3	4	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3
3	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	4	4	1	1	1	1
	2	2	3	3	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	1	1
	3	2	3	3	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

그림 3-7. OWAS 교육 및 단면평가용 프로그램

그림 3-8과 같이 OWAS 종합평가를 위해서 각 요소작업을 선택할 수 있도록 콤보상자 형태로 구성하였으며, 요소작업의 사진을 평가하기 용이 하기 위하여 메모를 삽입을 하여 설명하였다. 각 요소작업의 사진을 평가 하면 자동으로 등급을 나타내주는 프로그램을 개발하였다. 또한 우측에 요 소작업별 분석 결과를 두어 이 자료를 토대로 작업부담도 매트릭스를 구 성하도록 하였다.

누적비율 OWAS 분석표

요소	요소작업	1번	2번	3번	4번	5번	6번
1	중장물 취급	1	2	1	3	1	1
2	손문안	3	2	1	3	1	3
3	그라인더	4	2	3	1	1	4
3T	손문안	1	2	1	1	4	1
3S	손문안	1	2	1	1	3	1
3B	도장	3	2	3	2	1	1
3C	물기 제거기	1	2	1	3	1	1
합계		1	3	1	3	1	3
1		100%	300%	100%	300%	100%	300%
2		100%	200%	100%	300%	100%	200%
3		100%	200%	100%	300%	100%	200%
4		100%	200%	100%	300%	100%	200%
5		100%	200%	100%	300%	100%	200%
6		100%	200%	100%	300%	100%	200%
7		100%	200%	100%	300%	100%	200%
합계		100%	300%	100%	300%	100%	300%
작업부담도		4.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7
작업부담도 시간		1.7	1.3	0.7	1.3	0.7	1.3
작업부담도 여부		0	0	0	0	0	0
작업부담도 평가시간		4.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7
작업부담도 평가결과		4.5	3.7	3.5	3.7	3.5	3.7

요소 작업별 분석 결과

요소작업	C 빈도(%)	작업 분석 결과				합계	가중치 (%)	우선순위	빈도등급	강도등급 (조작수준)	위험도	지침위험도
		1	2	3	4							
중장물 취급	12%	3	25.7%	1	14.3%	7	100%	0.03	7			
손문안	7%	3	78.6%	1	21.4%	4	100%	0.03	4			
그라인더	10%	1	18.2%	3	54.5%	2	36.3%	0.20	2			
물기 제거기	23%	3	84.9%	3	21.4%	2	14.3%	0.15	2			
손문안	10%	3	30.0%	3	30.0%	3	30.0%	0.03	3			
손문안	18%	3	32.5%	1	12.5%	2	25.0%	0.03	2			
중장물 취급	3%	2	40.0%	2	40.0%	1	20.0%	0.07	1			
도장	3%	2	66.7%	1	33.3%	3	100%	0.02	3			
도장	3%	3	100.0%	1	33.3%	1	33.3%	0.03	1			
물기 제거기	7%	2	30.0%	3	30.0%	1	10.0%	0.03	1			
계	100%	33	30.0%	10	17%	3	13%	0.03	3			

가중치 = C × (1+2(1) + 3(2) + 4(3) + 5(4))

그림 3-8 OWAS 종합평가 프로그램

그림 3-9와 같이, 그림 3-8에서 요소작업별 작업부담도 평균값을 토대로 OWAS 작업부담도 매트릭스를 구성하는 프로그램을 만들었다. 그리고 등급 범위를 사용자가 설정할 수 있도록 옵션을 두었다.

요소 작업별 분석 결과

요소작업	C 빈도(%)	작업 분석 결과				합계	가중치 (%)	우선순위	빈도등급	강도등급 (조작수준)	위험도	지침위험도
		1	2	3	4							
빈손이동							#N/A	1	2	2	유지	
대형							#N/A	1	2	2	유지	
그라인더							#N/A	1	2	2	유지	
물기/검사							#N/A	1	2	2	유지	
손문안							#N/A	1	2	2	유지	
중장물취급							#N/A	1	2	2	유지	
도장							#N/A	1	2	2	유지	
물기 제거기							#N/A	1	1	1	유지	
계							-	-	-	-	-	-

가중치 = C × (1+2(1) + 3(2) + 4(3) + 5(4))

등급 범위 선택

등급	범위
1(계산)	10 ~
2(연필)	4 ~ 10
3(유지)	~ 4

등급 범위 선택

등급	계산(4)	계산(3)	연필(2)	필수(1)
계산(4)	계산	계산	계산	계산
계산(3)	계산	계산	계산	계산
계산(2)	계산	계산	계산	계산
계산(1)	계산	계산	계산	계산

그림 3-9. 작업부담도 매트릭스 구성 프로그램(OWAS)

2) RULA 분석표 프로그램

RULA(McAtamney and Corlett, 1993)를 토대로 RULA 분석표 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 교육용 프로그램과 분석용 프로그램으로 구성되어 있다. 그림 3-10과 같이 RULA분석을 위해 사진을 삽입할 수 있도록 사진추가 버튼을 구성하였다.

RULA 분석표 (Rapid Upper Body Assessment)			
분석자	한성대학교 인간공학연구소		작업자
날 짜	2012. 04. 02(토)		작업설명
		전화 번호 및 컴퓨터 하는 작업	
사진 1		사진 2	사진 3
사진 추가		사진 추가	사진 추가

그림 3-10. RULA 분석표의 사진 삽입 기능

그림 3-11와 같이 교육용 프로그램은 상완, 전완, 손목, 손목비틀림에 대한 Group A와 목, 몸통, 다리 부위에 대한 Group B의 작업자세 평가를 토대로 조치수준을 평가할 수 있도록 하였다.

Clear				
Group A				
상완 부위	분류	점수	체크	부위점수
	-20도 이상 뒤로 젖힐	2	☐	0
	-20도 뒤로 ~ 20도 앞으로	1	☐	
	20~45도 돌림	2	☐	
	45~90도 돌림	3	☐	
	90도 이상 돌림	4	☐	
	위팔 떨어지거나 회전	1	☐	
	어깨 돌림	1	☐	
	팔이 지지됨	-1	☐	0
	전완 부위	점수	체크	
	0~60도 돌림	2	☐	
	60~100도 돌림	1	☐	
	100도 이상 돌림	2	☐	0
	팔이 몸 안쪽으로 교차하는 작업	1	☐	
	팔이 몸통을 벗어난 작업	1	☐	
	손목 부위	점수	체크	
	-15도 이상 돌림	3	☐	
	-15~0도 돌림	2	☐	0
	중립 자세	1	☐	
	0~15도 꺾임	2	☐	
	15도 이상 꺾임	3	☐	
	옆으로 굽힘	1	☐	
	손목 비틀림	점수	체크	부위점수
	양쪽	1	☐	0
	과도한 비틀림	2	☐	0
Group B				
목 부위	분류	점수	체크	부위점수
	뒤로 젖힐	4	☐	0
	0~10도 굽힘	1	☐	
	10~20도 굽힘	2	☐	
	20도 이상 굽힘	3	☐	
	옆으로 굽힘	1	☐	
	비틀림	1	☐	
	몸통 부위	점수	체크	부위점수
	앞은 자세(허리지지 X)	2	☐	0
	앞은 자세(허리지지 O)	1	☐	
	0~10도 뒤로 젖힐	1	☐	
	중립자세	1	☐	
	0~20도 굽힘	2	☐	
	20~60도 굽힘	3	☐	
	60도 이상 굽힘	4	☐	
	옆으로 굽힘	1	☐	0
	비틀림	1	☐	
	다리 부위	점수	체크	부위점수
	양발 지지	1	☐	0
	한발 지지	2	☐	0

그림 3-11. RULA 분석표의 Group A, B 작업자세 평가 프로그램

주요하중 RULA 분석표																			
번호	작업내용	Shoulder								Wrist								손가락손목	목/상완근
		외측	내측	외측	내측	외측	내측	외측	내측	외측	내측	외측	내측	외측	내측	외측	내측		
1	차량																		
2	차량기동	1	5	4	1	4	1	5	5	1	2	1	2	0	0	2	5		
45	물차(물차기)	2	1	2	2	5	0	1	4	4	4	5	5	1	5	5	5		
46	물차(물차)	2	1	2	2	5	0	1	4	4	4	5	5	1	5	5	5		
47	물차기동	2	1	2	2	5	0	1	4	4	1	5	5	1	5	1	5		
48	물차(물차기)	2	1	5	2	5	0	1	4	4	1	5	5	1	5	5	5		
49	물차(물차)	1	5	2	2	5	0	1	4	1	5	5	5	1	0	4	5		
50	물차(물차)	1	5	4	2	4	0	2	5	4	1	5	5	5	1	0	4	5	
51	물차(물차)	1	5	5	4	2	4	0	2	5	4	1	5	5	5	1	0	4	5
52	물차(물차)	1	5	5	4	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
53	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
54	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
55	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
56	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
57	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
58	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
59	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
60	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
61	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
62	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
63	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
64	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
65	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
66	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
67	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
68	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
69	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4	5	
70	물차(물차)	1	2	3	5	2	5	0	2	5	4	1	1	2	1	0	4		

그림 3-13와 같이, 그림 3-12에서 요소작업별 작업부담도 평균값을 토대로 RULA 작업부담도 매트릭스를 구성하는 프로그램을 만들었다. 그리고 등급 범위를 사용자가 설정할 수 있도록 옵션을 두었다.

요소사업	작업 분석 결과					합계	가동률 (%)	유선출력	전도출력	감도출력 (표기유무)	취중도	작업취중도				
	C	표기인자														
		인도(%)	1	2	3								4			
인선인도	13%			8	100%	3	####	40%	2	2	3	8	관할			
전차	5%			2	87%	1	33%	3	####	17%	8	2	4	3	관할	
교차인도	8%			4	30%	1	20%	5	####	27%	6	2	4	3	관할	
행어작업	23%		1	7%	11	78%	2	14%	14	####	72%	1	3	4	12	개선
출입/감사	10%		1	17%	4	87%	1	17%	5	####	30%	5	2	3	6	관할
소문반	13%		2	23%	4	50%	2	29%	3	####	40%	2	2	3	6	관할
물량출력	12%		1	14%	5	71%	1	14%	7	####	35%	4	2	3	6	관할
출입	3%		1	50%	1	50%	2	####	3%	10	1	3	3		유지	
도감	7%		1	23%	2	50%	1	23%	4	####	20%	7	2	3	6	관할
일기/일기기	5%		3	100%			3	####	15%	9	2	3	6		관할	
계	100%	0	0%	7	13%	44	73%	9	15%	80	####	-	-	-	-	-

가동률 = C × (2+20(출+5+30(출+4+40(출)))

출입 분석

출입	출입	
	-이행	-회향
3(개선)	10	-
2(관할)	4	10
1(유지)	-	4

취중도

취중도	취중도			
	취(1)개(4)	개선(3)	관할(2)	유지(1)
2(개선)	개선	관할	관할	유지
출(2)	관할	관할	관할	유지
개(1)	관할	유지	유지	유지

- 30 -

3) REBA 분석표 프로그램

REBA(Hignett and McAtamney, 2000)를 토대로 REBA 분석표 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 교육용 프로그램과 분석용 프로그램으로 구성되어 있다. 그림 3-14와 같이 REBA 분석을 위해 사진을 삽입할 수 있도록 사진추가 버튼을 구성하였다.

REBA 분석표 (Rapid Entire Body Assessment)			
분석자	한성대학교 인간공학연구소	작업자	물리치료사
날 짜	2012. 06. 02. (토)	작업설명	환자 물리치료

사진 1	사진 2	사진 3

사진 추가
사진 추가
사진 추가

그림 3-14. REBA 분석표의 사진 삽입 기능

그림 3-15과 같이 목, 허리, 다리에 대한 Group A와 상완, 전완, 손목 부위에 대한 Group B의 작업자세 평가 프로그램을 개발하였다.

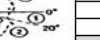
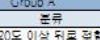
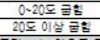
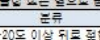
Clear		Group A									
상완 위		수동	능동	수동	능동	0		수동	능동	수동	능동
		20도 이상 위	위팔	2	1			0-20도 위팔	위팔	1	0
		0-20도 위팔	위팔	1	0			20도 팔도	팔도	1	0
		20도 이상 팔도	팔도	2	1			20-45도 이상 팔도	팔도	2	0
		비밀리 팔도	팔도	+1	1			45-90도 이상 팔도	팔도	3	0
하완 위		수동	능동	수동	능동	0		수동	능동	수동	능동
		-20도 이상 위	위팔	3	0			0-20도 위팔	위팔	2	0
		0-20도 위팔	위팔	2	0			팔 위팔	팔 위팔	1	0
		0-20도 팔 위팔	팔 위팔	2	0			20-60도 팔 위팔	팔 위팔	3	0
		60도 이상 팔 위팔	팔 위팔	4	1			비밀리 팔 위팔	팔 위팔	+1	1
다리 위		수동	능동	수동	능동	0		수동	능동	수동	능동
		0-20도 다리	다리	1	0			0-20도 다리	다리	1	0
		20-60도 다리	다리	2	0			60도 이상 다리	다리	3	0
		비밀리 다리	다리	+1	1			비밀리 다리	다리	+1	1
		0-20도 다리	다리	1	0			20-60도 다리	다리	2	0
상완 위		수동	능동	수동	능동	0		수동	능동	수동	능동
		20도 이상 위	위팔	2	1			0-20도 위팔	위팔	1	0
		0-20도 위팔	위팔	1	0			20도 팔도	팔도	1	0
		20-45도 이상 팔도	팔도	2	0			45-90도 이상 팔도	팔도	3	0
		비밀리 팔도	팔도	+1	1			90도 이상 팔도	팔도	+1	1
하완 위		수동	능동	수동	능동	0		수동	능동	수동	능동
		-20도 이상 위	위팔	3	0			0-20도 위팔	위팔	2	0
		0-20도 위팔	위팔	2	0			팔 위팔	팔 위팔	1	0
		0-20도 팔 위팔	팔 위팔	2	0			20-60도 팔 위팔	팔 위팔	3	0
		60도 이상 팔 위팔	팔 위팔	4	1			비밀리 팔 위팔	팔 위팔	+1	1
다리 위		수동	능동	수동	능동	0		수동	능동	수동	능동
		0-20도 다리	다리	1	0			0-20도 다리	다리	1	0
		20-60도 다리	다리	2	0			60도 이상 다리	다리	3	0
		비밀리 다리	다리	+1	1			비밀리 다리	다리	+1	1
		0-20도 다리	다리	1	0			20-60도 다리	다리	2	0

그림 3-15. REBA 분석표의 Group A, B 작업자세 평가 프로그램

누적치별 REBA 분석표														
번호	요소지점	O1의 수					O2의 수					REBA점수	표준치	
		목	좌관	다관	등/좌관	등/다관	상관	좌관	다관	등/좌관	등/다관			
40	좌관상단	2	2	5	4	5	7	5	2	2	0	5	9	1
41	좌관하단	2	2	5	4	5	7	5	2	2	0	5	9	1
42	등하단	2	2	5	4	5	7	5	2	2	1	5	9	1
43	등상단	2	2	5	5	4	5	7	5	2	1	5	9	1
44	등하단	2	2	5	2	5	5	5	5	5	5	1	7	2
45	등/좌관상단	2	2	1	2	3	2	4	2	2	1	7	5	1
46	등/좌관하단	2	2	1	2	3	2	4	2	2	1	7	5	1
47	등/상단	2	2	1	2	2	2	4	1	5	2	5	4	2
48	등/하단	2	2	1	2	2	2	4	1	5	2	5	4	2
49	등/좌관상단	2	2	2	2	2	5	4	5	2	5	6	2	5
50	등/좌관하단	2	2	2	2	2	5	4	5	2	5	6	2	5
51	등/상단	2	1	5	2	2	5	4	1	5	2	5	5	11
52	등/하단	2	1	5	4	2	5	4	1	5	2	5	5	11
53	등/좌관상단	2	1	5	5	2	5	4	1	1	2	4	5	5
54	등/좌관하단	2	1	5	5	2	5	4	1	1	2	4	5	5
55	등/상단	2	1	2	2	1	5	5	4	1	1	5	4	4
56	등/하단	2	1	2	2	1	5	5	4	1	1	5	4	4
57	등/좌관상단	2	1	2	2	1	5	5	4	1	1	5	4	4
58	등/좌관하단	2	1	2	2	1	5	5	4	1	1	5	4	4
59	등/상단	2	2	2	2	2	4	4	5	2	5	5	5	5
60	등/하단	2	2	2	2	2	4	4	5	2	5	5	5	5
합계		1.8	6.2	6.5	1.9	6.1	5.5	1.9	5.7	1.4	5.1	5.9	1.6	5.7

그림 3-17과 같이, 그림 3-16에서 요소작업별 작업부담도 평균값을 토대로 REBA 작업부담도 매트릭스를 구성하는 프로그램을 만들었다. 그리고 등급 범위를 사용자가 설정할 수 있도록 옵션을 두었다.

[illegible]

구분	인원	
	-이(남)	-이(여)
3(개조)	10	-
2(관제)	5	1
1(총기)	-	-

문항	5	4	3	2	1
차등점수 (차등 표시 없음)	(매우 좋음)	(좋음)	(보통)	(매우 나쁨)	(나쁨)
표(3)	가성	가성	보통	나쁨	매우 나쁨
표(2)	가성	보통	보통	매우 나쁨	매우 나쁨
표(1)	가성	매우 나쁨	매우 나쁨	매우 나쁨	매우 나쁨

- 32 -

제 2 절 유해요인조사용 위험성 평가 시스템 적용 사례

1. 근골격계부담작업 체크리스트 프로그램 적용 사례

그림 3-18은 60명의 근로자들이 근골격계부담작업 체크리스트를 통해 설문한 데이터이다. 제빵업종의 배합, 오픈, 포장, 계량, 운반, 성형, 투입, 선별, 검수, 출하, 세척 등의 요소작업들이 있는 A사의 근골격계부담작업 유해요인조사 기본조사표 2단계 작업조건 조사의 일부이다.

부담작업 및 작업부담도 설문자료

번호	과	라인명	공정	작업	요소작업	작업자	작업내용	작업부담도			부담작업여부										
								부하	빈도	부담도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	생산1과	치즈케이크	배합	배합	배합	홍길동		3	3	9		1									
2	생산1과	치즈케이크	배합	배합	배합	열심히		4	3	12		1									
3	생산1과	치즈케이크	오픈	오픈	오픈	동글게		5	3	15				1							
57	생산3과	치즈케이크	배합	배합	배합	당당히		3	3	9			1		1						
58	생산3과	치즈케이크	배합	배합	배합	신나게		3	3	9			1				1				
59	생산3과	치즈케이크	배합	배합	배합	성준황		4	4	16			1								
60	생산3과	치즈케이크	배합	배합	배합	곰곰히		4	4	16							1				

그림 3-18 근골격계부담작업 체크리스트 설문 데이터

그림 3-19는 근골격계부담작업 체크리스트 프로그램 중에서 부하와 빈도의 등급을 토대로 산출된 결과이다. 결과에 의하면 오픈, 포장1, 운반, 투입 등이 20점으로 가장 높고, 포장3과 2차 오픈이 9점으로 가장 낮게 나왔다.

5등급 판정기준

요소작업	부하등급	빈도등급	부담도	작업부담도
배합	4	4	16	개선
오픈	5	4	20	개선
포장1	5	4	20	개선
포장2	4	4	16	개선
포장3	3	3	9	관찰
계량	4	4	16	개선
운반	4	5	20	개선
성형	4	4	16	개선
투입	5	4	20	개선
선별	5	4	20	개선
파과선별	5	4	20	개선
2차 오픈	3	3	9	관찰
검수	4	4	16	개선
성형	5	3	15	개선
출하1	4	4	16	개선
출하2	4	4	16	개선
세척	4	4	16	개선
분할기	5	4	20	개선

그림 3-19. 작업부담도 산출 결과 (5×5)

표 3-1은 그림 3-19에서 나온 결과 값을 토대로 A사의 제빵공정의 작업부담도 매트릭스를 그린 결과이다.

표 3-1. A사의 제빵 공정의 작업부담도 매트릭스 (5×5)

작업강도 작업빈도	5	4	3	2	1
5	개선(25)	개선(20) 오븐 포장1	개선(15) 정형	관찰(10)	관찰(5)
4	개선(20) 운반 투입 선별 과과선별 분할기	개선(16) 배합 포장2 계량 성형 검수 출하1 출하2 세척	관찰(12)	관찰(8)	유지(4)
3	개선(15)	관찰(12)	관찰(9) 포장3 2차 오븐	관찰(6)	유지(3)
2	관찰(10)	관찰(12)	관찰(6)	유지(4)	유지(2)
1	관찰(5)	유지(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

출처: 한국산업안전보건공단, 2012.

2. 정량적 평가도구를 이용한 프로그램 적용 사례

1) OWAS 분석표 프로그램 적용 사례

그림 3-20는 조선업종에서 구체를 완성하는 A작업반을 대상으로 등간격 샘플링을 하여 샘플링 수 60개를 가지고 OWAS 분석한 결과이며, 상황에 따라서 60개 이상 추가가 가능하다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
65																			
66																			

그림 3-20, 샘플링한 데이터를 토대로 OWAS로 평가한 결과

그림 3-21은 샘플링 데이터를 토대로 요소작업 별로 분석한 결과이다. A작업반의 빈도는 햄머작업이 23%로 가장 많고, 손운반작업 13%, 빈손이동 12%순으로 나타났다. OWAS 작업분석에 따르면, A작업반의 조치수준은 수준 1이 60%로 가장 많고, 수준 2가 17%, 수준 3이 15% 순으로 나타났다. A작업반의 조치수준과 빈도를 활용하여 작업부담도를 구하였다.

요소 작업별 분석 결과																
요소작업	C. 빈도(%)	작업 분석 결과				합계	가중치 (%)	우선순위	빈도등급	강도등급 (조치수준)	부담도	작업부담도				
		OWAS														
		1	2	3	4											
빈손이동	12%	6	85.7%		1	14.3%	7	100%	0.03	7	2	2	4	관찰		
대좌	7%	3	75.0%		1	25.0%	4	100%	0.03	7	2	2	4	관찰		
그라인더	10%	1	16.7%		3	50.0%	2	33.3%	6	100%	0.20	1	2	3	6	관찰
햄머작업	23%	9	64.3%	3	21.4%		2	14.3%	14	100%	0.15	2	3	2	6	관찰
확인/검사	10%	3	50.0%	3	50.0%		6	100%	0.05	6	2	2	2	4	관찰	
손운반	13%	5	62.5%	1	12.5%	2	25.0%		8	100%	0.08	3	2	2	4	관찰
중량물취급	8%	2	40.0%	2	40.0%	1	20.0%		5	100%	0.07	5	2	2	4	관찰
용접	5%	2	66.7%	1	33.3%		3	100%	0.02	9	2	2	2	4	관찰	
도장	5%	3	100.0%				3	100%	0.00	10	2	1	2	1	2	유지
밀기/담기기	7%	2	50.0%		1	25.0%	1	25.0%	4	100%	0.08	3	2	3	6	관찰
계	100%	36	60.0%	10	17%	9	15%	5	8%	60	100%	-	-	-	-	-

가중치 = C × (1×2빈도+2×3빈도+3×4빈도)

$$\text{가중치} = C \times X(1=20) \div 6 + 2 \times 30 \div 6 + 3 \times 40 \div 6$$

그림 3-21. OWAS 분석표 프로그램을 사용한 결과

표 3-2는 그림 3-21에서 나온 결과 값을 토대로 조선업종에서 구체를 완성하는 A작업반의 작업부담도 매트릭스를 그린 결과이다. 매트릭스 결과에 의하면 도장을 제외하고 나머지 요소작업들은 관찰에 분포하고 있음을 볼 수 있다.

표 3-2. OWAS분석에 의한 A작업반의 구체완성공정의 작업부담도 매트릭스

등급 작업빈도	즉시개선(4)	개선(3)	관찰(2)	정상(1)
고(3)	개선(12)	개선(9)	관찰(6) 햄머작업	유지(3)
중(2)	관찰(8)	관찰(6) 그라인더 밀기/당기기	관찰(4) 빈손이동 대화 확인/검사 손운반 중량물 취급 용접	유지(2) 도장
저(1)	관찰(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

2) RULA 분석표 프로그램 적용 사례

그림 3-22는 조선업종에서 구체를 완성하는 A작업반을 대상으로 등간 격 샘플링을 하여 샘플링 수 60개를 가지고 RULA로 분석한 결과이며, 상황에 따라서 60개 이상 추가가 가능하다.

누적비율 RULA 분석표																								
번호	요소작업	Group A										Group B										RULA점수	조치단계	
		상완	하완	손목	팔꿈치	팔목	손목	팔꿈치	팔목	손목	팔꿈치	팔목	손목	팔꿈치	팔목	손목	팔꿈치	팔목	손목	팔꿈치	팔목	손목	팔꿈치	팔목
1	도장	1	1	1	1	1	1	3	5	1	1	1	1	0	0	1	4	2						
2	빈손이동	1	3	4	1	4	1	3	8	1	2	1	2	0	0	2	5	3						
3	중량물취급	1	4	4	1	4	1	3	8	1	2	1	2	0	0	2	5	3						
58	빈손이동	1	2	2	1	2	0	3	5	6	2	2	4	1	0	5	6	3						
59	도장	2	2	2	2	3	0	3	6	6	2	2	4	1	0	5	6	3						
60	중량물취급	3	2	2	3	4	0	3	7	6	2	2	4	0	0	4	6	3						

그림 3-22, 샘플링한 데이터를 토대로 RULA로 평가한 결과

그림 3-23은 샘플링 데이터를 토대로 요소작업 별로 분석한 결과이다. A작업반의 빈도는 햄머작업이 23%로 가장 많고, 손운반작업 13%, 빈손이동 13%순으로 나타났다. RULA 작업분석에 따르면, A작업반의 조치수준은 수준 3이 73%로 가장 많고, 수준 4가 15%, 수준 2가 12% 순으로 나타났다. A작업반의 조치수준과 빈도를 활용하여 작업부담도를 구하였다.

요소 작업별 분석 결과

요소작업	작업 분석 결과								합계	가중치 (%)	우선순위	빈도등급	관도등급 (조치수준)	부담도	점수부담도	
	C.	조치단계														
		빈도(%)	1	2	3	4	5									
빈손이동	13%			8	100%			8	100%	40%	2	2	3	6	관찰	
대화	5%			2	67%	1	33%	3	100%	17%	6	2	4	6	관찰	
그라인더	8%			4	80%	1	20%	5	100%	27%	6	2	4	8	관찰	
햄머작업	23%		1	7%	11	78%	2	14%	14	100%	72%	1	3	4	12	개선
확인/검사	10%		1	17%	4	67%	1	17%	6	100%	30%	5	2	3	6	관찰
손운반	13%		2	25%	4	50%	2	25%	8	100%	40%	2	2	3	6	관찰
중량물취급	12%		1	14%	5	71%	1	14%	7	100%	35%	4	2	3	6	관찰
용접	3%		1	50%	1	50%		2	100%	8%	10	1	3	3		유지
도장/담기기	7%		1	25%	2	50%	1	25%	4	100%	20%	7	2	3	6	관찰
밀기/담기기	5%			3	100%			3	100%	15%	9	2	3	6	관찰	
계	100%	0	0%	7	12%	44	73%	9	15%	60	100%	-	-	-	-	-

$$\text{가중치} = C \times X(2 \times 26) / (1 \times 3 + 3 \times 3 + 4 \times 4) / (1 \times 1)$$

그림 3-23. RULA 분석표 프로그램을 사용한 결과

표 3-3은 그림 3-23에서 나온 결과 값을 토대로 조선업종에서 구체를 완성하는 A작업반의 작업부담도 매트릭스를 그린 결과이다. 매트릭스 결과에 의하면 햄머작업은 개선에, 용접은 유지에 분포하고 나머지 요소작업들은 관찰에 분포하고 있음을 볼 수 있다.

표 3-3. RULA분석에 의한 A작업반의 구체완성공정의 작업부담도 매트릭스

작업빈도 \ 등급	즉시개선(4)	개선(3)	관찰(2)	정상(1)
고(3)	개선(12) 햄머작업	개선(9)	관찰(6)	유지(3) 용접
중(2)	관찰(8) 대화 그라인더	관찰(6) 빈손이동 확인/검사 손운반 중량물 취급 도장 밀기/당기기	관찰(4)	유지(2)
저(1)	관찰(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

3) REBA 분석표 프로그램 적용 사례

그림 3-24는 조선업종에서 구체를 완성하는 A작업반을 대상으로 등간격 샘플링을 하여 샘플링 수 60개를 가지고 REBA로 분석한 결과이며, 상황에 따라서 60개 이상 추가가 가능하다.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7	번호	모수명	Group A					Group B					모수 C		모수 D	모수 E	모수 F	모수 G			
8	1	모수 A	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	
9	2	모수 B	1	3	4	0	6	1	2	1	0	1	6	1	7	2					
10	3	모수 C	1	4	4	0	7	1	2	1	0	1	7	1	8	3					
65	58	모수 D	1	2	2	1	3	6	2	2	2	9	7	0	7	2					
66	59	모수 E	2	2	2	2	4	6	2	2	3	9	6	0	6	3					
67	60	모수 F	3	2	2	3	5	6	2	2	3	9	9	0	9	3					

그림 3-24. 샘플링한 데이터를 토대로 REBA로 평가한 결과

그림 3-25는 REBA 분석표 프로그램을 사용한 결과이다. A작업반의 빈도는 햄머작업이 23%로 가장 많고, 손운반작업 13%, 빈손 이동 13% 순으로 나타났다. REBA작업분석에 따르면, A작업반의 조치수준은 수준 2가 53%로 가장 많고, 수준 3이 30%, 수준 4가 13% 순으로 나타났다. A작업반의 REBA 조치수준과 빈도를 활용하여 작업부담도를 구하였다.

요소 작업별 분석 결과																	
요소작업	작업 분석 결과										합계	가중치 (%)	무선순회	인공관통	지진 조사 (지진 탐지)	통합점	작업등급
	C. 빈도(%)	RBSA															
		0	1	2	3	4											
빈손이동	13%			6	75%	2	25%			8	100%	30%	4	2	4	8	전합
대차	5%			1	93%	2	67%			3	100%	13%	7	2	4	8	전합
그라인더	8%			4	90%	1	20%			5	100%	18%	6	2	4	8	전합
철벽작업	23%			6	43%	4	29%	4	29%	14	100%	67%	1	3	4	12	개선
작업/경사	10%		1	17%	3	50%		2	33%	6	100%	25%	5	2	4	8	전합
순환반	13%			3	98%	5	63%			8	100%	35%	2	2	4	8	전합
물방울취급	12%			3	45%	2	29%	2	29%	7	100%	93%	3	2	4	8	전합
용접	3%			2	100%					2	100%	7%	10	1	3	3	유지
도장	7%	1	25%	2	50%	1	25%			4	100%	12%	8	2	3	6	전합
밀기/달리기	5%			2	67%	1	33%			3	100%	12%	9	2	4	8	전합
계	100%	1	2%	1	2%	32	53%	18	30%	8	13%	60	100%				

가중치 = C * X(1+1빈)-2+2빈)-3+3빈)-4+4빈)-5

그림 3-30. REBA 분석표 프로그램을 사용한 결과

표 3-4는 그림 3-25에서 나온 결과 값을 토대로 조선업종에서 구체를 완성하는 A작업반의 작업부담도 매트릭스를 그린 결과이다. 매트릭스 결과에 의하면 햄머작업은 개선에 나머지 요소작업들은 관찰에 분포하고 있음을 볼 수 있다.

표 3-4. REBA분석에 의한 A작업반의 구체완성공정의 작업부담도 매트릭스

작업강도(등급) 작업빈도	5 (지금 즉시 필요함)	4 (곧 필요함)	3 (필요함)	2 (필요할지도 모름)	1 (필요 없음)
고(3)	개선(15)	개선(12) 햄머작업	관찰(9)	관찰(6)	유지(3)
중(2)	개선(10)	관찰(8) 빈손이동 대화 그라인더 확인/검사 손운반 밀기/당기기	관찰(6) 도장	유지(4)	유지(2)
저(1)	관찰(5)	유지(4)	유지(3)	유지(2)	유지(1)

제 4 장 결론 및 검토

본 연구에서는 유해요인조사에서 요구하는 작업장 상황, 작업조건, 작업과 관련된 근골격계질환 증후 및 증상 유무 등의 조사내용을 실질적으로 작업평가를 통하여, 작업의 유해요인과 유해요인의 원인을 파악하여 개선 여부를 결정하는 절차를 마련하고자 하였고, 작업평가와 작업평가과정에서는 작업의 빈도와 강도를 이용하여 평가할 수 있도록 Excel프로그램을 개발하였다. 또한 유해요인조사과정에서 작업평가를 통한 위험성평가의 활용 방안을 제시하고자 하였다.

유해요인조사용 위험성 평가 시스템의 개발을 위한 방법론은 유해요인조사 작업 평가의 정성적, 정량적 평가로 나누어 접근하였다. 정성적 평가의 경우는 KOSHA GUIDE H-9-2012의 지침을 따랐으며, 정량적 평가의 경우는 OWAS, REBA, RULA의 작업평가도구를 활용하여 접근하였다.

2013년 위험성 평가제도의 적용 효율성을 위해 사용하기 편리한 Excel을 이용해 근골격계부담작업 체크리스트 프로그램, OWAS 분석표 프로그램, RULA 분석표 프로그램, REBA 분석표 프로그램을 개발하였다. 각 프로그램에는 작업 빈도와 작업 강도의 곱으로 작업부담도를 구하고, 사용자가 자유로이 구간을 설정하도록 하여 3단계 조치수준에 따른 매트릭스 형태를 만드는 부분으로 구성되어 있다.

개발된 프로그램의 유효성을 확인하기 위하여 실제 현장 사례를 적용을 통해 확인하였다. 근골격계부담작업 체크리스트는 제빵업종에 종사하는 A사 근로자 60명을 대상으로 설문 받은 데이터를 통해서 검증하였고, 정량적 평가도구(OWAS, REBA, RULA)는 조선업종에 종사하는 A반의 구체 완성공정을 60개의 장면으로 샘플링한 데이터를 가지고 평가하여 검증하였다.

본 연구에서 개발한 Excel를 이용한 유해요인조사용 위험성 평가 시스템은 여러 가지 장점을 갖는다.

첫째, 정성적 평가 방법과 정량적 평가 방법을 모두 고려하여 평가할 수 있다. 사업주가 신속하고 비용이 저렴한 조사를 할 경우에는 근골격계부담

작업 Excel 프로그램을 사용하여 조사할 수 있고, 좀 더 정밀하고 정확한 조사를 요청하는 경우에는 OWAS, RULA, REBA 등의 작업자세 분석표 프로그램을 사용하여 조사할 수 있다는 장점이 있다.

둘째, 사업장의 규모나 상황에 따라서 샘플링 수나 부담도 판정기준 등을 사용자가 정할 수 있어, 다방면으로 적용할 수 있다는 장점이 있다.

셋째, 일부 기업이나 사업장에서 분석용지를 통해서 작업분석 해오는 방식을 개선하고 평가 자료를 효과적으로 활용하고 관리하는 데 용이하다. 뿐만 아니라, 2013년부터 본격적으로 위험성 평가 제도가 적용되는 데에 발맞추어 유해요인조사 관련 업무의 효율성을 개선하는데 크게 기여할 것으로 여겨진다.



【참고문헌】

1. 국내문헌

고용노동부, 고용노동부 고시 제 2011-38호, 2011.

고용노동부, 『2011년 산업재해현황분석』, 2012.

기도형, 「외부부하, 동작 반복 효과가 반영된 자세 분류 체계의 개발」, 대한인간공학회지, 제26권 1호, pp.39-46, 2007.

김대성 외, 「PATH 기법을 이용한 숙박업 요리직과 청소직의 근골격계질환 유해요인 노출평가에 관한 연구」, 대한인간공학회지, 제28권 4호, pp.83-89, 2009.

김현호와 정병용, 「유해요인조사를 위한 실무용 작업위험평가 시스템 개발」, 대한인간공학회 2006 추계 학술대회논문집, pp.19-23, 2006.

박경식 외, 「미국표준연구원 체크리스트 Z-365의 자가보고형 설문개발 및 타당도 평가」, 한국산업위생학회지, 제16권 2호, pp.172-182, 2006.

박재희와 곽원택, 「근골격계 부담작업평가에서 개별장면의 대표값들과 전문가판정 결과 간의 비교」, 대한인간공학회지, 제25권 2호, pp.205-210, 2006.

이관석 외, 「자동차 산업에서의 OCRA Checklist와 RULA 평가 비교」, 대한인간공학회지, 제26권 4호, pp.153-160, 2007.

이인석 외, 「지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교」, 대한인간공학회지, 제22권 1호, pp.43-56, 2003.

이준엽 외, 「대규모 사업장에서의 인간공학적 유해요인조사 방법론」, 대한인간공학회 2007 춘계 학술대회논문집, pp.360-363, 2007.

정병용 외, 「유해요인조사용 평가 소프트웨어 개발」, 대한인간공학회지, 제24권 4호, pp.79-83, 2005.

- _____, 「유해요인 제도의 고찰 및 발전방향」, 대한인간공학회지 제26권 2호, pp.123-129, 2007.
- 최현석 외, 「다양한 측정방법을 통한 자동차정비공장의 근골격계질환의 평가」, 대한인간공학회 2007 춘계 학술대회, pp.344-349, 2007.
- 한국산업안전보건공단, 『근골격계부담작업 유해요인조사 방법』, p.10, 2010.
- _____, 『사업장 위험성평가(Risk Assessment) 매뉴얼』, 2012.
- _____, KOSHA GUIDE H-9-2012, 2012.
- _____, 『제1차 서비스업 위험직종 기초실태조사 및 매뉴얼 개발』, 2012.
- _____, 『전기공사업 환선작업의 위험성평가모델 개발에 관한 연구』, 2010.
- 한국산업안전보건공단 산업안전보건교육원, 『근골격계질환예방을 위한 유해요인조사』, 2012.
- Jeong et al., “Risk Assessment in the Shipbuilding Industry: Present and the future”, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 31(2), pp.143-149, 2012.

2. 국외문헌

Hignett, S. and McAtamney, L., “Rapid Entire Body Assessment”, *Applied Ergonomics*, 31(2), pp.201-205, 2000.

HSE, *Marine Risk Assessment*, Health and Safety Executive, HSE Books, Sudbury, UK, p.13, 2002.

Karhu, O., Kansil, P. and Kuorinka, I., “Correcting working postures in industry: A practical method for analysis”, *Applied Ergonomics*, 8(2), pp.199-201, 1977.

McAtamney, L. and Corlett, E. N., “RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders”, *Applied Ergonomics*, 24(2), pp.91-99, 1993.

Vedder, J., Identifying postural hazards with a video-based, occurrence sampling method, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22, pp.37-38, 1998.

ABSTRACT

Development of Risk Assessment System for Risk Factor Analysis Using EXCEL.

Kim, Woo Jin

Major in Industrial & Management
Engineering

Dept. of Industrial & Management
Engineering

Graduate School, Hansung University

Risk assessment is an approved technology for operators to address larger hazards, and to ensure risks have been reduced to appropriate levels cost effectively.

The aim of this study is to gain the risk assessment procedures in the job hazard analysis associated with musculoskeletal disorders.

Risk assessment programs using EXCEL were developed to implement the analytical and qualitative methods including KOSHA GUIDE H-9-2012, OWAS, RULA, REBA.

These tools developed in this study are faster and easier to perform the ergonomic job analysis than the traditional methods.

Adapting the risk assessment system in the job hazard analysis has become an important approach not only to prevent industrial accidents but also to enhance the efficiency of works.

These results can be used to provide baseline information for risk

assessment and management policy for preventing the work-related musculoskeletal disorders.

【Keyword】 Risk assessment, Job hazard analysis, Work-related musculoskeletal disorders.

