

조선업종의 유해요인조사 및 인간공학적 개선*

오 순 영** · 정 병 용***

Risk Factor Analysis and Ergonomics Improvements in a Shipbuilding Industry

Soon Yong Oh **, Byung Yong Jeong ***

ABSTRACT

This paper describes a practical ergonomic approach for the shipbuilding industry that occupies the highest rate of work-related musculoskeletal disorders (WMSD) in Korea. Typical work processes within a shipbuilding operation were surveyed to determine the presence of risk factors associated with musculoskeletal disorders. We used interviews, document analysis, video analysis, and OWAS postural analysis to identify and quantify ergonomic risk factors that workers may be exposed to in the course of their normal work duties. Some ergonomics actions were performed to solve the problems identified in the risk factor analysis. The practical ergonomic approach has resulted in decreases in workers' accident, and increases in productivity. The ergonomic solutions developed in this study could be applied to other sectors of industry that share common features of work with shipbuilding industry.

Keyword: Ergonomic risk factor, Shipbuilding industry, Ergonomics improvements

1. 서 론

정부에서는 2003년 7월부터 근골격계질환 예방을 위하여 산업안전보건법 제24조(보건상의 조치) 제1항 제5호에 '단순반복작업 또는 인체에 과도한 부담을 주는 작업으로 인한 건강장해'를 신설하여 사업주에게 예방을 위한 조치의무를 부과하였다(그림 1).

산업안전보건법 제24조 제2항의 규정에 의하여 사업주의 구체적인 조치의무는 산업보건기준에 관한 규칙에 정하도록 위임되어 있으며, 이에 따라 유해요인조사, 작업환경개선, 의학적 조치, 유해성 주지 및 근골격계질환 예방관리프로그램의 수립·시행을 규정하는 산업보건기준에 관한 규칙 제9장(근골격계부담작업으로 인한 건강장해의 예방)이 신설되었으며, 노동부고시 제2003-24호에서는 근골격계부담작업의

범위를 총11개로 규정하여 고시하였다(노동부 산업보건환경과, 2003).

근골격계부담작업에 근로자를 종사하도록 하는 사업장들은 산업보건기준에 관한 규칙 9장에 의하여 3년마다 유해요인조사를 정기적으로 실시하게 되어 있으며, 법규 시행에 따른 최초 유해요인조사를 2004년 6월말까지 실시하도록 하였다(한국산업안전공단, 2003).

본 연구는 조선회사의 작업장에서 존재하는 작업 및 공정의 근골격계질환 관련 위험성을 분석하고, 작업환경개선안을 도출하여 근골격계질환의 예방은 물론 생산성 향상과 작업자의 작업 만족도 향상에 목적을 두고 실시되었다.

조선업은 제품의 특성상 자동화에 한계가 있어 많은 작업자의 수작업에 의존하여 선박이 건조되고 있다. 특히 한국은 선박 생산량이나 수주량이 2002년부터 세계 1위를 차지하고 있으며, 이로 인하여 10만 명에 이르는 근로자들이 조선

*본 연구는 2004년도 한성대학교 교내연구비 지원과제임

한성대학교 대학원, *한성대학교 산업시스템공학과

교신저자: 정병용

주 소: 136-792 서울시 성북구 삼선동3가 389, 전화: 02-760-4122, E-mail: byjeong@hansung.ac.kr



그림 1. 근골격계질환 예방에 관한 법 제도

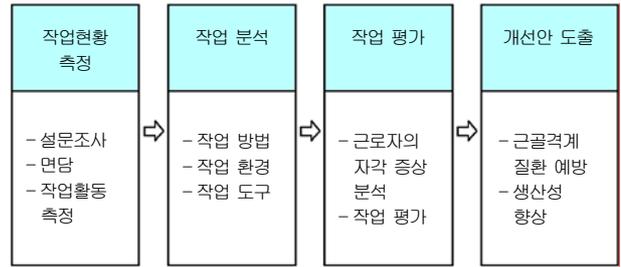


그림 2. 연구 내용 및 추진도

업 관련 업종에 종사하고 있다. 2000년부터는 조선업종에서 근무하는 작업자 중에서 근골격계 질환자가 다수 발생하여 (한국산업안전공단, 2004), 노·사간의 문제 및 사회적인 문제로까지 확대되고 있으며, 막대한 생산 손실로 이어지고 있다. 미국에서도 노동통계국에서 발표한 2001년도의 조선업종 재해율은 전체 산업의 평균 재해율보다 3배가 높으며, 근골격계 질환자도 타업종 평균에 비해 3배 정도 높은 것으로 나타나 근골격계질환 예방을 위한 대책을 세우는데 총력을 기울이고 있다(Bureau of Labor Statistics, 2004).

따라서 조선업종에서 존재하는 작업을 대상으로 체계적인 유해요인조사와 인간공학적인 개선절차를 제시하는 것은 근골격계질환의 예방과 생산성 향상에 매우 필요하다.

2. 연구 내용 및 방법

본 연구는 00 조선회사를 대상으로 시행된 (1) 작업관련 유해요인조사와 (2) 인간공학작업장 개선으로 구분된다. 유해요인조사는 2003년 3월부터 6월까지 진행되었으며, 이를 토대로 한 인간공학작업장 개선은 7월부터 12월까지 진행되었다.

유해요인조사는 작업장을 대상으로 작업자의 작업 방법에 대한 정밀분석을 통하여 근골격계질환과 관련한 작업 위험요인 및 불안전 행동 요소들을 파악하고 이들을 토대로 가능한 작업자의 안전과 편리함을 확보하면서 생산성을 향상시키는 인간공학작업환경개선안을 도출하고자 하는데 목적이 있다. 그림 2는 유해요인조사 추진 절차 및 내용을 나타낸다.

본 연구진은 작업 현황을 파악하기 위하여 각 부서의 관리자를 방문하여 작업관련 내용 및 애로 사항에 관한 면담을 실시함과 아울러 현장의 작업 흐름을 파악하였으며, 이를 토대로 작업자의 작업 내용을 전반적으로 파악할 수 있도록

세부적인 작업 활영과 설문조사를 실시하였다. 작업 측정을 토대로 작업 방법 및 환경, 작업 도구에 대한 분석과 인간공학작업 측면에서의 위험성 평가 등이 이루어졌다. 최종적으로 작업 측정 및 분석 내용을 바탕으로 도출된 작업에 관한 세부 개선안은 우선순위에 따라 시행되었다.

2.1 설문조사

설문조사는 직영 및 외주 작업자를 포함하여 전체 작업자를 대상으로 작업자의 작업 내용 및 불편도, 근골격계 관련 자각 증상, 작업자의 작업에 대한 불편사항 및 개선 요구 사항 등을 조사하였다. 또한, 근골격계질환을 중심으로 작업자의 작업 내용과 관리적 문제점 등을 작업팀장을 중심으로 면담 조사를 실시하였다.

2.1.1 작업자 특성 조사

작업자의 소속 부서명, 팀명, 직종, 성별, 나이, 직영 및 외주 구분, 근무 연수, 현재 공정에서의 작업 경력, 1일 평균 작업 시간 등을 조사하였다.

2.1.2 근골격계질환에 관한 자각 증상 조사

작업자의 근골격계질환에 관한 자각 증상을 조사하기 위하여 목 부위, 어깨 부위, 허리 부위, 팔꿈치 부위, 손/손목 부위, 다리/무릎 부위 등으로 구분하여 통증의 발생 시기, 통증의 빈도, 통증의 지속기간, 통증의 강도 등을 조사하였다.

본 조사에서 이용된 설문 내용은 한국산업안전공단에서 정한 근골격계 증상 설문조사 양식(KOSHA CODE H-30-2003, 2003)에서 연구 목적에 맞게 조사항목들을 수정, 보완하여 이용하였다.

설문에서 통증의 발생 빈도(frequency)는 항상, 매일 몇 시간, 1주에 한번, 1달에 한번, 2~3달에 한번, 3달 이상에 한번 등으로 구분하도록 하였다. 통증의 지속기간(duration)은 1시간 이내, 1~24시간 이내, 1~1주 이내, 1주~1달 이내, 1달~6개월 이내, 6개월 이상 등으로 구분하도록 하였다. 통증의 강도(severity)는 '통증 없음', '약한 통증(약간 불편하나

작업에 열중하면 못 느낀다)', '중간 정도 통증(작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식취하면 괜찮다)', '심한 통증(작업 중 통증이 있고, 귀가 후 휴식을 취해도 계속된다)', '매우 심한 통증(통증 때문에 일상생활하기가 어렵다)' 등으로 5점 척도를 이용하여 구분하도록 하였다.

2.1.3 작업자의 작업불편도 평가

작업자가 담당하는 작업에 대한 전체적인 힘든 정도의 평가 및 스트레스 빈도를 조사하였다. 또한, 작업 방법, 작업 도구, 작업 환경, 관리적 측면 등에서 불편사항이나 개선할 사항을 직접 서술할 수 있도록 하였다.

2.2 작업 측정

작업자의 작업 내용을 전반적으로 파악할 수 있도록 작업 방법, 작업 내용, 작업 도구, 신체 활동의 부담 정도 등을 파악하기 위한 측정 등이 실시되었다.

각 부서별로 특징적인 작업들을 선별하여 총 88개의 작업 유형으로 분류하였으며, 이들을 부서별 중점 작업으로 분류하여 작업자들을 선별하여 작업자의 작업 내용을 1시간씩 촬영하였다. 촬영한 자료는 등간격으로 작업 내용을 1분 간격으로 샘플링한 후에 각 시점에서의 작업 자세 및 위험성 평가, 작업 내용, 작업 도구 등을 분석하며, 이러한 단면 평가를 토대로 전체 작업 내용에 대한 요소 작업별 구성 비율 신체 부위별 위험성 요인을 평가한다. 대부분의 현장연구는 단지 몇 분만의 작업 내용을 촬영하거나 극단적인 작업 자세만을 대상으로 분석하여 왔으나, 본 연구에서는 충분한 작업 시간을 분석 대상으로 삼아 작업 위험성 평가에서 중요한 위험 요소의 노출 시간을 비교적 정확하게 산출할 수 있는 근거를 제시하여 연구의 신뢰성을 높이고자 노력하였다.

표 1은 본 연구에서 작업 측정에서 분류한 부서별 중점 작업명 및 요소 작업명, 작업 도구를 예시한 것이다.

2.3 작업 분석 및 평가

2.3.1 증상조사표 설문조사분석

작업자의 근골격계질환에 관한 자각 증상 설문을 바탕으로 근골격계질환 관련 통증호소자들을 파악한다. 본 연구에서는 자각 증상에 따라 통증호소자 및 관리대상자, 정상 등으로 분류하여 부서별, 작업 내용별로 분포를 파악하였다.

근골격계 증상 설문조사에서 '중간 정도' 이상의 통증 강도(작업 중 통증이 있으나 귀가 후 휴식을 취하면 괜찮다)를 호소하면서 통증의 지속기간(적어도 1주일 이상 지속)과 통증의 빈도(1달에 1번 이상 통증이 발생) 기준을 만족한 사람은 관리대상자로 분류하였으며, 통증 지속기간과 통증 빈

표 1. 부서별 작업명, 요소 작업, 작업 도구의 분류

구분	분류
부서별 작업명	용접, 취부, 절단, 사상, 철의장, 프레스, 지그, 배관, 현도, 가열, 곡직, 소지, 목의장, 향통, 케이블배선, 모듈유닛, 선별, 족장, 반목, 신호수, 철목, 전장, 계장, 기계설치, 배관, 믹싱, 테이핑, 터치업, 도장, 사상, 그리트수거, 스팀파이프, 밀링, 철의장, 파이프설치, 내업정비, 시설, 공기구수리, 고소차정비, 가설배관, 정도(소조), 내업정도
요소 작업	용접, 가스절단, 히팅 토치, 그라인더 작업, 도장, 마킹 작업, 확인/검사, 임팩트 렌치, 유압자키, 레버 블럭, 해머 작업, 크레인 리모콘조정, 지렛대 작업, 운반 작업, 이동, 대기, 준비/마무리, 지게차 운전, 크레인 운전, 자동기계 조정, 테이핑, 지그 작업, 너트조이기 작업, 밀기/당기기, 기타
장비	용접기, 절단기, 히팅 토치, 그라인더, 붓, 페인트, 리모콘, 임팩트 렌치, 유압자키, 레버 블럭, 해머, 지렛대, 분필, 깡깡이, 케이블, 기타

도 기준을 둘 다 만족하고 통증 강도가 '심한 통증' 또는 '매우 심한 통증'인 경우를 근골격계질환 관련 통증호소자로 분류하였다(표 2).

표 2. 통증호소자 판정 기준

구분	자각 증상에 의한 판정 기준
관리대상자	통증이 적어도 1주일 이상 지속되고, 1달에 한번 이상으로 통증이 발생하며 통증의 강도가 '중간 정도'인 경우
통증호소자	통증이 적어도 1주일 이상 지속되고, 1달에 한번 이상으로 통증이 발생하며 통증의 강도가 '심한 통증' 또는 '매우 심한 통증'인 경우

2.3.2 OWAS에 의한 자세 분석

OWAS는 철강회사인 핀란드의 Ovako Oy에 의해 1970년대 중반에 개발된 후에 Ovako Oy와 Finish Institute for Occupational Health가 공동으로 수정하여 개발한 대표적인 작업 자세 평가기법이다(Scott, G.B. and Lambe, N.R., 1996). OWAS는 작업자들의 부적절한 작업 자세를 정의하고 평가하기 위해 개발한 방법으로 작업자의 자세를 일정한 각도로 관찰하여 분석하는 작업 샘플링(work sampling)에 기본을 두고 있다.

본 연구에서는 분석 작업을 1시간 동안 촬영한 뒤에 1분 간격으로 샘플링하여, 샘플 자세별로 작업의 세부적인 내용, 사용 도구 및 OWAS 자세 분류체계에 의하여 단면 평가를 실시한다. 관측 시간 동안 기록이 끝나면 신체부위별로 자세의 특성을 파악하기 위하여 자세별 비율을 조사한다.

2.4 인간공학적 개선안 시행

도출된 개선안은 실무부서의 기안에 의해 근골격계예방 TFT 및 치구관리 개선 TFT와 경영진의 검토를 거쳐 개선안을 확정하였다. 본 연구에서는 조선소의 전체 부서별로 공통적으로 안고 있는 개선안만을 대상으로 서술하고자 한다.

3. 유해요인조사 분석 결과

3.1 설문조사 결과

3.1.1 작업자 특성

본 연구의 설문조사에서 분석 대상에 포함된 작업자는 총 1,582명으로 직영 작업자(59.4%)와 협력업체 작업자(40.6%)가 포함되었다. 설문에 응답한 작업자의 나이 분포를 보면 평균 36.4세로 나타났으며(직영 작업자 평균 36.7세, 협력업체 작업자 평균 35.9세), 30대가 51.5%를 차지하여 가장 많고, 40대가 28.0%를 차지하는 것으로 나타났다.

현 공장에서 근무하고 있는 근속년수는 직영 작업자는 평균 7.62년, 협력업체 작업자는 평균 2.91년으로 나타났다.

3.1.2 통증호소자 분포 및 특성

본 연구의 근골격계질환 관련 통증호소자 판정 기준에 의하면 설문 응답자들의 자각 증상에 의한 근골격계 통증호소자의 분포는 표 3과 같다. 표 3에 의하면 전체적으로는 응답자의 4.2%가 관리대상자, 11.5%가 통증호소자로 자각 증상을 호소하였다. 부위별로는 통증호소자 비율이 허리(4.6%), 어깨(4.2%), 다리/무릎 부위(4.1%) 순으로 높았으며, 관리대상자와 통증호소자를 모두 포함하는 경우에는 허리(7.3%), 어깨(6.5%), 다리/무릎 부위(6.3%) 순으로 통증을 호소하는 비율이 높았다. 직영 작업자의 21.3%와 협력업체 작업자의 7.7%가 관리대상자 이상의 자각 증상을 나타내고 있으며, 통증호소자는 직영 작업자는 16.4%로 협력업체 작업자(4.4%) 보다 매우 높게 나타났다.

표 3. 설문에 의한 근골격계 통증호소자 분포

통증 정도	목	어깨	허리	팔꿈치	손/손목	다리/무릎	전체
관리대상자	1.1%	2.3%	2.7%	1.0%	1.5%	2.2%	4.2%
통증호소자	2.7%	4.2%	4.6%	1.8%	3.3%	4.1%	11.5%

통증을 느끼는 작업자들을 대상으로 통증의 원인을 조사

한 결과 표 4와 같은 결과를 얻었다.

표 4. 통증의 원인에 관한 응답 비율

통증의 원인	통증호소자 응답 비율
반복 작업	37.9%
불편한 자세	29.9%
들기, 밀기, 힘	23.0%
작업 환경	5.2%
신체 압박	1.2%
진동	1.2%
작업 속도	1.2%
작업외 요인	0.6%
계	100%

작업자들은 통증의 주원인으로 '반복작업(37.9%)'이라고 응답한 비율이 가장 높았으며, '불편한 자세(29.9%)', '들기, 밀기, 힘(23.0%)' 순으로 응답하였다.

직종별 통증 원인을 보면(표 5) 용접, 배재, 크레인, 배관/관찰, 신호수, 반목/철목, 정도관리, 도장 직종은 '반복작업'으로 응답한 비율이 높았으며, 취부, 절단 직종은 '들기, 밀기, 힘'으로 응답한 비율이 높았다. 사상/소지, 기계설치/기장, 전장/전기 직종은 '불편한 자세'라고 응답한 비율이 높았다.

표 5. 통증의 원인에 관한 직종별 응답 분포(%)

직종	불편한 자세	들기, 힘	반복 작업	신체 압박	진동	작업 환경	기타
용접	34.4%	11.1%	42.9%	2.1%	2.1%	6.9%	0.53%
취부	25.6%	29.4%	28.9%	1.7%	5.6%	6.7%	2.2%
절단	10.3%	50.0%	32.4%	1.5%	0	4.4%	1.5%
사상	37.5%	8.3%	20.8%	4.2%	20.8%	4.2%	4.2%
배재	26.7%	26.7%	40.0%	0	0	3.3%	3.3%
크레인	40.5%	8.1%	48.7%	0	0	0	2.7%
배관, 관찰	21.7%	30.4%	34.8%	0	2.2%	4.4%	
신호수	10.5%	31.6%	42.1%	2.6%	0	5.3%	7.9%
기계 설치, 기장	41.4%	6.9%	37.9%	3.5%	10.3%	0	0
전장, 계장	36.2%	25.9%	24.1%	5.2%	0	8.6%	0
반목, 철목	27.0%	32.4%	35.1%	0	0	2.7%	2.7%
정도 관리	42.1%	5.3%	47.4%	5.3%	0	0	0
도장	42.9%	9.5%	42.9%	0	4.8%	0	0

작업자들의 직종별 힘든 정도에 대한 설문 반응을 살펴보

면 표 6과 같다. 표 6에서 보면 전장, 계장, 전기 직종이 평균적으로 9점 척도(9점: 극한 상황)에서 5.045로 힘들다는 호소도(5점: 힘들다)가 가장 높게 나타났으며, 사상/소지(5.000), 반목, 철목(4.974), 도장(4.952), 용접(4.892), 기계설치, 기장(4.742), 취부(4.660)순으로 힘들다고 호소하는 것으로 나타났다. 힘들다는 호소도가 높은 직종은 주로 불편한 자세를 많이 취하거나 중량물을 취급하는 직종에서 높게 나타났다.

표 6. 직종별 힘든 정도에 관한 설문 결과

직종	평균	표준편차
용접	4.892	1.751
취부	4.66	1.802
절단	3.847	1.741
사상/소지	5.000	1.625
배재	2.528	1.464
크레인	2.511	1.487
배관, 관철	4.347	1.809
신호수	3.073	1.634
기계설치, 기장	4.742	2.033
전장, 계장, 전기	5.045	1.988
반목, 철목	4.974	1.684
정도 관리	2.850	1.424
도장	4.952	1.396

전달 조금 매우 극한
 만하다 ---+--- 힘들다 ---+--- 힘들다 ---+--- 힘들다 ---+--- 상황
 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9

3.2 작업 자세 분석 결과

조선회사의 전체 부서에서 총 88개의 비정형 작업자군에 대한 작업들을 대상으로 1시간씩 촬영한 작업자들의 작업 내용을 1분씩 등간격으로 샘플링한 후에 각 시점에서 OWAS에 의하여 작업 자세 및 위험성 평가를 하였으며, 작업 중에 작업자들이 취한 자세를 신체 부위별로 자세를 분류하여 비율로 나타내었다.

3.2.1 머리/목 자세 비율

조선업종에서 조사한 전체 작업 자세 중에서 머리/목 자세의 비율을 표 7에 나타내었다. 표 7에서 보편은 곧바른/자유 자세가 27.8%, 앞으로 20도 이상 굽은 자세는 46.1%, 옆으로 20도 이상 굽은 자세는 4.9%, 뒤로 20도 이상 굽은 자세가 8.9%, 비틀림 자세가 12.4%로 나타나, 전체 72.2% 자세가 목을 굽히거나 뒤로 젖히거나 비틀리는 자세로 나타났다.

표 7. 머리/목 자세의 비율

평가 항목	코드	자세 설명	비율
머리/목	1	곧바른/자유 자세	27.8%
	2	앞으로 20도 이상 굽은 자세	46.1%
	3	옆으로 20도 이상 굽은 자세	4.9%
	4	뒤로 20도 이상 굽은 자세	8.9%
	5	비틀림	12.4%

3.2.2 몸통/허리 자세 비율

전체 작업자들이 취한 자세를 몸통 부위별로 살펴보면 표 8과 같이 곧바로 선 자세가 46.0%, 상체를 앞으로 20도 이상 굽힌 자세가 41.8%로 나타났으며, 바로 서서 허리를 옆으로 20도 이상 비튼 자세가 4.9%, 상체를 앞으로 굽힌 채 옆으로 비튼 자세가 7.3%로 나타났다. 허리 자세는 전체 작업 중의 54.0%가 굽히거나 비튼 자세로 나타났다.

표 8. 몸통/허리 자세의 분포

평가 항목	코드	자세 설명	비율
허리	1	곧바로 편 자세(서 있음)	27.8%
	2	상체를 앞으로 20도 이상 굽힌 자세	41.8%
	3	허리를 옆으로 20도 이상 비튼 자세	4.9%
	4	앞으로 굽힌 채 옆으로 비튼 자세	7.3%

3.2.3 팔 자세 비율

표 9는 작업자들의 팔 자세 분포를 나타낸다. 팔 부위는 전체 작업 중에서 83.2%가 양손을 어깨 아래로 내린 자세를 취하였으며, 한 손만 어깨 위로 올린 자세는 11.0%, 양손 모두 어깨 위로 올린 자세는 5.8%로 나타났다.

표 9. 팔 자세의 분포

평가 항목	코드	자세 설명	비율
팔	1	양손을 어깨 아래로 내린 자세	83.2%
	2	한 손만 어깨 위로 올린 자세	11.0%
	3	양손 모두 어깨 위로 올린 자세	5.8%

3.2.4 다리 자세 비율

표 10은 작업자들의 다리 자세 분포를 나타낸다. 다리 부위는 전체 작업 중에서 앉은 자세가 7.2%, 두 다리를 펴고 선 자세가 28.1%, 한 다리로 선 자세가 12.2%, 두 다리를

표 10. 다리 자세의 분포

평가 항목	코드	자세 설명	비율
다리	1	앉은 자세	7.2%
	2	두 다리를 펴고 선 자세	28.1%
	3	한 다리로 선 자세	12.2%
	4	두 다리를 구부린 선 자세	27.9%
	5	한 다리로 서서 구부린 선 자세	4.2%
	6	무릎 꿇는 자세	4.5%
	7	걷기	15.9%

구부리고 선 자세가 27.9%, 한 다리로 서서 구부린 선 자세가 4.2%, 무릎 꿇는 자세가 4.5%, 걷기 15.9%로 나타났다. 전체적으로 두 다리를 펴고 선 자세나 앉은 자세를 제외한 비율이 64.7%로 나타나 다리를 구부린 자세의 비율이 높은 것으로 나타났다.

3.2.5 부자연스러운 작업의 유형

작업 분석 결과 조선회사에서 나타나는 부자연스러운 작업 자세는 다음과 같이 분류되었다.

1) 쪼그려 앉기

- 조선업종의 특성상 용접, 절단, 사상/소지, 장비 설치, 조립, 의장 작업 등에서 가장 많이 발생하는 자세
- 지속적으로 쪼그려 앉거나, 무릎을 꿇고 앉음, 엉덩이를 바닥에 대고 앉음
- 무릎, 발목, 허벅지 등에 압박을 주는 자세
- 대부분이 쪼그려 앉아서 작업 도구를 사용하는 자세로 작업의 특성상 목의 굽힘 자세와 같이 발생하는 경우가 많다.

2) overhead 작업

- 도장, 사상/소지, 용접, 철목, 고소차 작업 등에서 발생
- 머리와 목이 젖혀지는 자세
- 팔꿈치가 어깨위로 올라가는 자세

3) 발의 지지가 어려운 불안한 자세

- 취부, 도장, 케이블 배선, 족장 작업 등에서 주로 발생
- 팔이 들린 상태로 정적 자세를 유지하여야 함

4) 과도한 뺨침 자세

- 취부, 조립, 지그작업, 의장 작업 등에서 주로 발생
- 어깨위로 올라간 상태에서 팔이 올라간 상태에서 밀기/당기기 자세와 같이 발생하는 경우 많음

5) 비틀림 자세

- 프레스 작업, 크레인, 지게차, T/P 운전수 등에서 주로 발생
- 작업물을 분류, 검사 하기 위하여 목의 비틀림이 주로 발생됨

6) 정적자세 유지

- 가열 작업에서 주로 발생
- 팔이 들린 상태로 정적 자세를 유지하여야 함

3.3 기타 작업 특성 분석 결과

조선소 작업의 특징은 그림 3과 같이 협소한 작업 공간에서 쪼그려 앉거나, 무릎을 꿇고 작업을 할 뿐만 아니라 무거운 보호구를 착용한 상태로 목을 굽히고 작업을 하여야 하며, 작업 도구로 인하여 손목이 꺾이거나 진동을 느끼는 작업이 많다고 호소하고 있다. 특히 작업 조건은 건조되는 선박의 종류, 선주사의 요구에 따라 다양하게 발생될 수 있어 인간공학적인 개선원리를 적용하여 수시 유해요인을 분석하고 개선하여야 한다.



그림 3. 조선소 작업의 특징

3.3.1 반복 동작과 지속 시간의 유형

조선업종에 발생하는 반복 작업의 문제는 손에 힘을 주어 작업하는 손 동작의 지속 시간의 문제에 집중되어 있다고 볼 수 있으며, 라인생산 방식이 아니기 때문에 반복적인 손동작 유형보다는 비슷한 유형의 동작이 얼마나 지속되는가에 관리의 초점을 맞추어야 한다.

조선소 작업자들에게서 존재하는 힘을 주는 반복적인 손 동작 유형은 (1) 그라인더 작업, (2) 임팩트 작업, (3) 조립 작업, (4) 도장 작업 등을 대표적으로 들 수 있다.

3.3.2 전신 진동과 손/팔의 진동

조선소 작업자들은 직종에 따라 전신 진동과 접촉 부위에 따른 국소 진동에 노출될 수 있다.

전신 진동은 대형 운송 차량이나 크레인, 지게차 등에 있는 의자나 바닥에 접촉할 때 발생한다. 조선소에서 최근에 도입된 장비들은 진동을 고려한 설계가 되어 있지만 구형의 장비들은 전신 진동에 노출되어 있다고 운전자들은 호소하고 있다.

손과 팔에 전달될 수 있는 국소 진동은 손과 팔의 피와 산소 순환에 장애를 일으킬 수 있으며, 신경과 힘줄에 손상

을 줄 수 있다. 조선업종에서 사용되는 대표적인 진동 도구는 그라인더와 임팩트 렌치로 도장 작업과 사상/소지 직종의 작업자들에게서 진동과 관련한 근골격계 통증호소자가 나타나고 있다.

4. 개선안의 도출 및 시행

4.1 쪼그리고 하는 작업의 개선

조선업종은 철관을 이용하여 대형 블록들을 연결하여 배를 건조한다.

배를 건조하는 과정에서 작업점이 바닥인 경우에는 쪼그리고 앉아 아래보기 작업을 하여야 하기 때문에 불안정한 자세를 유지하게 되어 허리와 목 부위에 과도한 부담을 주게 된다. 또한, 작업 중에 발생하는 날카로운 쇠 조각 등으로 인하여 무릎을 꿇고 작업할 때에는 충격과 눌림에 의한 압박이 발생하게 된다(그림 4).



그림 4. 쪼그리고 앉는 자세

무릎이나 팔꿈치, 허벅지 등에 가해지는 장시간의 반복적인 압박은 피부나 건에 손상을 입힐 수 있다. 신체에 가해지는 압박은 작업장의 개선을 통하여 자세를 변경하거나 작업용 의자를 제공하도록 하였으며, 쪼그려 앉거나 무릎을 꿇고 작업을 할 수밖에 없는 작업자들의 위험을 줄이기 위하여 무릎 보호대 등과 같이 신체 압박에 의한 충격을 완화시키는 신체 보호대를 제공하였다. 그림 5는 용접 작업에 지급된 무릎 보호대로 불에 타지 않고, 열과 마찰에 강한 소재로 이루어졌다.

4.2 진동 작업의 개선

조선업종의 모든 작업 대상물은 재질이 철을 사용하기 때문에 감전사고의 위험 등을 예방하기 위하여 air grinder를 사용하고 있으며, 제품의 특성상 강력한 힘이 요구되는 조임 작업 등에 임팩트 렌치가 사용되고 있다. Air grinder



그림 5. 무릎 보호구의 유형

는 회전축이 휘거나, 베어링의 마모, 연마재의 무게중심 불일치 등으로 인하여 진동이 발생되며, 임팩트 렌치는 기구의 구조적인 특성상 진동이 발생된다.

그림 6과 같이 작업자 개인의 선호도에 따라 그라인더의 손잡이 부분에 방진 패드를 부착하거나 방진 장갑을 지급하여 손에 전달되는 진동이 감소되도록 하였으며, 손목의 통증 감소를 위하여 작업자가 선호하는 손목 보호대를 지급하였다.



그림 6. 진동 감소를 위한 보조 도구

그림 7은 시범적으로 지급된 무반동 토크렌치로 진동 발생을 근본적으로 최소화할 수 있으나 구입단가가 높다.



그림 7. 무반동 토크 렌치

철관 설치물을 교정 하는 취부 작업에서 나타나는 해머 작업에서는 타격시 발생하는 진동과 충격으로 인하여 손목 및 팔 부위의 통증을 유발할 수 있다. 그림 8과 같이 해머 손잡이 부분에 방진 패드를 부착하여 물체의 타격시 발생하는 진동의 인체 전달을 최소화 하였다.

4.3 위보기 작업의 개선

그림 9의 왼쪽 그림은 용접, 사상/소지 작업이나 도장 작



그림 8. 해머 손잡이의 방진 패드 부착

업에서 많이 나타나는 위보기(overhead) 작업으로 목, 어깨, 팔, 허리 부위의 피로를 가중시키고 통증을 유발시킬 수 있다.

그림 9의 오른쪽 그림은 위보기 작업에 대한 개선안으로 이동을 편리하게 바꾸어 단 대차 형태로 작업 지지대를 만들어 목의 꺾임을 최소화 하였으며, 그림 10은 위보기 작업을 자동화한 용접기를 나타낸다.

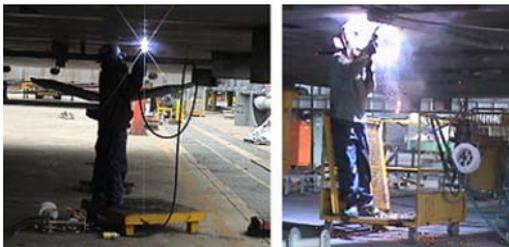


그림 9. 위보기 작업(왼쪽)과 개선안(오른쪽)



그림 10. 위보기 용접작업의 자동화

4.4 고소차 작업대 개선

고소차 작업에서는 봄대를 길게 펴서 높은 공간에서 작업이 이루어지므로 흔들림이 많고, 서서 일을 하므로 다리에 부담이 크고 겨울철에는 바람에 의한 저온 스트레스에 노출되어 있다. 그림 11은 고소차 작업에 대한 개선안으로 왼쪽 그림은 작업 지지대에 쿠션을 감아 작업자가 편리하게 이용하여 흔들림 발생시 허리의 부담을 최소화 하였으며, 오른



그림 11. 고소차 작업의 쿠션 및 바람막이 설치

쪽 그림은 겨울철에 바람을 막기 위하여 설치한 바람막이를 나타낸다.

4.5 지게차 등의 운반차량 개선

7톤 이하 지게차 운전자들은 바퀴와 차체 사이에 방진 스프링이 없어 진동으로 인해 운전자의 허리에 부담을 주고 있다(그림 12). 또한 구형 지게차의 경우 운전석에 팔걸이가 없고, 운전석에 냉온방 장치가 없어 저온(겨울)과 고온(여름)에 의한 스트레스를 호소하고 있다.

그림 13은 개선안으로 운전석 의자와 차체 사이에 방진 스프링을 부착하여 차체의 진동을 차단하고, 의자 양쪽에 팔걸이를 부착하여 팔의 부담을 줄이도록 하였으며, 차량 부착용 소형 에어컨을 설치하였다.



그림 12. 개선 전 지게차



그림 13. 개선 후 지게차

4.6 냉난방 검토

조선업종은 철관위에서의 옥외 작업이 많아 계절적인 영

향을 많이 받는다. 여름철에는 주위 온도와 철판의 온도가 상승하여 열사병 환자가 발생할 수 있으며, 겨울철에는 차가운 재료와 접촉으로 인하여 피부의 온도가 떨어질 수 있을 뿐만 아니라 생산성에 영향을 주게 된다.

다수의 작업자가 작업을 하는 밀폐된 공간의 경우에는 대형 냉온방 장치를 설치하여 주고, 소수의 작업자가 개별적으로 일을 하거나 옥외에서 작업을 할 경우에는 개인용 냉온방기를 지급한다.

4.7 보호구의 개선

조선업종은 낙하물로부터의 신체보호를 위하여 안전모를 항상 착용하여야 한다. 또한 용접 작업을 할 때에는 유해광선 및 유해물의 비산으로부터 안구와 안면부를 보호하기 위하여 보안면을 착용하여야 한다. 또한 블라스팅 및 사상 작업에서는 비산되는 금속 조각으로부터 보호 받기 위하여 보호복 등을 착용하여야 하기 때문에 보호구의 경량화는 대단히 중요하다.

기존 390g 무게의 안전모를 330g으로 감소시켜 머리와 목 부위의 부담을 줄였다. 또한 안전벨트의 결합부위를 밀어 넣기 식으로 함으로써 사용을 편리하게 개선하였다.

5. 결론 및 검토

본 연구에서는 최근 관심이 되고 있는 유해요인조사 진행 사례를 조선업종을 중심으로 나타내었다.

본 연구에서 시도한 인간공학적 유해요인조사는 작업자의 통증호소와 작업에 관한 불편사항 및 개선과 관련된 설문조사와 워크 샘플링 방법에 근거한 작업의 내용 및 위험 요인 평가 등의 작업 분석 기법을 이용하여 단면 평가뿐 아니라 종합적인 평가를 하였다. 또한, 유해요인조사에 의하여 측정된 내용을 분석하여 인간공학적 개선안을 도출, 시행하였으며, 공통적인 부서에서 필요한 개선 내용을 중점적으로 제시하였다.

본 연구에서 제시한 개선 내용은 기업과 관련된 내용으로 자세한 개선사항을 체계적이며, 구체적으로 설명하지는 못하였지만 유해요인조사와 더불어 인간공학적 개선절차를 어떻게 진행할 것인가에 관한 인간공학적 진단 및 개선에 관한 1년에 걸친 전체적인 과정을 제시하고 있다.

본 연구에서 진행된 인간공학적 개선활동에 의한 효과를 살펴보기 위하여 2003년 1월부터 6월까지와 2004년 1월부터 6월까지의 관련 지수를 비교하여 본 결과, 작업자를 고려한 작업 도구/설비와 작업장, 작업 방법 등을 개선함으로써 조립생산성이 5.2% 향상되었고, 사고성 재해가 3% 정도

줄었으며, 비사고성 재해는 53%로 대폭 감소하였다. 또한, 일하기 좋은 회사 분위기를 형성하는데 기여하였으며, 작업자의 만족도를 높이는데 기여하였다.

본 연구에서 제시한 조선업종의 개선사례 유형은 인간공학 진단 및 개선이 생산성 향상과 근골격계질환의 위험 감소, 작업 오류의 감소로 인한 품질 향상, 작업 만족도의 향상을 가져올 수 있음을 보여준다. 본 연구에서 제시한 조선업종의 유해요인조사와 인간공학적 개선 사례는 컨베이어 라인작업이 아닌 비정형 작업자나 서비스업 관련 작업자들을 대상으로 한 유해요인조사에 효과적으로 응용할 수 있을 것이며, 동종의 작업장에서 개선을 위한 기초 자료로 효과적으로 응용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

정병용, *작업분석 및 관리*, 한성대학교출판부, 2003.
 노동부산업보건환경과, *근골격계부담작업으로 인한 건강장해 예방 시행지침*, 노동부, 2004.
 한국산업안전공단, *사업장 근골격계질환 예방관리 프로그램 지침 KOSHA code H-31-2003*, 2003.
 한국산업안전공단, *근골격계부담작업 유해요인조사 지침(KOSHA CODE H-30-2003)*, 한국산업안전공단, 2003.
 한국산업안전공단, *산업재해통계*, 2004. <http://www.kosha.or.kr>
 Hignett, S., Postural analysis of nursing work, *Applied Ergonomics*, 32(3), 171-176, 1996.
 Bureau of Labor Statistics, *Occupational Injuries and Illnesses*, 2004. <http://www.bls.gov/>.
 Scott, GB. and Lambe, N.R., Working practices in a perchery system, using the OVAKO working posture analysing system, *Applied Ergonomics*, 22(4), 281-284, 1996.

◎ 저자 소개 ◎

❖ 오 순 영 ❖

한성대학교 대학원 산업공학과 박사과정
 관심분야: 인간공학의 사업장 응용, 안전보건

❖ 정 병 용 ❖

현재 한성대학교 산업시스템공학과 교수
 고려대학교 산업공학과 학사
 한국과학기술원 산업공학과 석사, 박사.
 관심분야: 인간공학적 진단 및 개선 응용, 안전관리, UI

논문 접수 일 (Date Received) : 2004년 07월 28일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2005년 02월 02일