

공작기계 제조업 부품창고의 인력물자취급작업의 인간공학적 위험성 분석과 개선에 관한 연구

장성록 · 고영재 · 배동철

부경대학교 안전공학과

1. 서 론

통계청이 발표한 1998년 광공업통계조사 결과에 의한(종업원 5인 이상의 사업체 대상) 공작기계(성형 기계 포함)산업의 생산액은 1조 2,785억원으로서 시장규모는 기계공업 전체 생산액인 217조 9,952억원 중 0.6%를 점유하고 있다¹⁾. 또한 기업규모는 공작기계제조에 종사하는 63사의 종업원 수(1999년)로 보면 전체 종업원 수는 6,139명(1사 평균 97명)으로서 300명 미만의 중소기업체수가 88.9%이고 종업원 수로는 62.5%를 차지하고 있다²⁾. 따라서 공작기계산업은 세계선진국을 비롯한 어느 국가를 막론하고 제품의 특성으로 인하여 기업규모가 비교적 작으며 시장규모보다 다수의 기업이 존립하고 있는 실정으로 우리나라도 예외는 아니다.

그러나 공작기계는 산업혁명 이래 각종 기계를 만드는 기계(Mother Machine)로서 전체산업 발전을 주도하는 핵심첨단 기계산업으로서 독자적인 시장을 형성하며 큰 폭의 성장을 지속하고 있다. 한편 90년대에 이르러 선진국 수준의 첨단공작기계를 생산하여 내수는 물론 수출주요상품으로서 각광을 받고 있으며 PC-NC공작기계 등 첨단기계 개발에 노력하고 있다.

국내 기계기구제조업의 재해율은 Table 1에서 보는 바와 같이 전산업 대비 평균 2.5배 정도로 비교적 높은 실정이다³⁾.

Table 1. 국내 기계기구제조업과 전산업의 재해율 비교

구분	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
전산업	0.88	0.81	0.68	0.74	0.73	0.77	0.77
기계기구제조업	1.72	1.48	1.37	1.71	1.76	1.79	1.64

특히, 최근 노동부가 발표한 2002년도 산업재해 통계에서 2002년도 업무상 질병자수는 5,417명으로 전년도 5,653명에 비해 236명(4.2%)이 감소하였으며 이 중에서 난청, 금속 및 중금속중독 등 직업병은 2002년에 1,351명으로 전년도 1,542명보다 191명(12.4%)이 감소하였고, 작업관련성질병은 2002년에 4,066명으로 전년도 4,111명보다 45명(1.1%) 감소하였다³⁾.

작업관련성 질병 중 뇌·심혈관 질환자는 2,056명으로 전년도 2,231명보다 175명(7.8%) 감소하였고 신체부담작업으로 인한 질환(경견완장해 등)은 1,167명으로 전년도

768명보다 399명(52.0%)이 증가하였다³⁾. 업무상 질병자에 대한 비교표를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. 업무상 질병자 비교표

구분	총계	직업병							작업관련성 질병				
		소계	진폐	난청	금속중독	금속 및 중독	유기용제중독	특정화학물질중독	기타	소계	뇌·심혈관질환	신체부담작업	요통
2001	5,653	1,542	949	289	25	45	32	202	4,111	2,231	768	866	246
2002	5,417	1,351	915	219	8	48	32	129	4,066	2,056	1,167	660	183
증감	-236	-191	-34	-70	-17	3	0	-73	-45	-175	399	-206	-63

2. 설문조사

A사 전체 근로자 531명에 대하여 근골격계질환 관련 설문을 실시한 결과 396명이 회수되었다.

설문지는 근골격계질환 관련 결과를 얻기 위해 구성하였으며, 유소견자 판별은 NIOSH 기준 및 한국산업안전공단의 작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험요인 평가지침을 따랐다^{4,5)}.

설문 응답자의 직무별 구성을 보면 NC, MCT 등 생산팀이 297명으로 전체 근로자 대비 55.9%를 차지하고 있다.

생산공정은 작업주기가 통상 15~45일로 이루어지며, 반복작업이 없고 작업자 1인이 완제품까지 작업을 진행하는 특성으로 인해 인간공학적인 작업분석에는 적합하지 못한 것으로 판단되었다.

전체 설문 응답자 중 유소견자는 34명으로 생산인원 대비 11.65%였으며, 생산공정을 제외하면 자재보급직이 가장 비중이 높았다. 유소견자 34명에 대한 부위별 통증 결과는 Table 3과 같다.

외자창고에서는 입고품 box를 해체하고 입고 list의 수량 및 현물 대조확인 후 각 품목별로 pallet에 선별정리하여 보관창고로 운송한다.

지정된 위치에 보관 후 불출요청 시 현장의 부품을 다시 pallet에 적재한 후 현장라인 및 공정별로 지게차를 이용하여 보급하고 있다. 이때, 부품은 지게차를 이용하여 상단에 적재하고 있으며, 비교적 가벼운 것(볼 스크류 등)은 pallet 위에 적재한 상태에서 인력으로 하나씩 운반하여 적재대에 쌓고 있다. 그로 인해, 적재 및 불출시의 기본적인 작업자세는 과도한 허리굽힘과 상지의 뻘침이 발생하고 있으며 부품박스의 중량이 품목별로 5, 10, 12, 13, 15, 17, 22, 26kg 등으로 중량물 운반작업이 되고 있다. 또한, 자재창고 불출입 작업은 작업자세 및 작업시 취급 중량으로 인해 위험성이 크고 해당 작업장의 근로자 2인이 모두 유소견자로 판명이 되어 자재창고의 인력작업에 대해서 중점적으로 분석하고, 개선방안을 제시

하고자 한다.

Table 3. 유소건자 부위별 통증 결과

No	소속	공정	부위						비고
			목	어깨	팔	손	허리	다리	
1	생산 1팀	FMS	✓	✓	✓	✓	✓		
2	생산 1팀	MCT	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	생산 1팀	MCT	✓	✓					
4	생산 1팀	기어		✓	✓			✓	
5	생산 1팀	스핀들	✓	✓		✓			
6	생산 1팀	HEAD	✓	✓	✓	✓			
7	생산 1팀	HEAD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
8	생산 1팀	HEAD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
9	생산 2팀	MC 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
10	생산 2팀	MC 1		✓			✓	✓	
11	생산 2팀	MC 2	✓	✓	✓				
12	생산 2팀	MC 2			✓				
13	생산 2팀	NC 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
14	생산 2팀	NC 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
15	생산 2팀	NC 2	✓	✓			✓		
16	생산 2팀	NC 3		✓	✓	✓	✓		
17	생산 2팀	NC 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
18	생산 2팀	NC 5			✓	✓	✓		
19	생산 2팀	전장 2				✓			
20	생산 2팀	전장 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
21	생산 3팀	TM조립 1		✓	✓				
22	생산 3팀	TM조립 1					✓	✓	
23	생산 3팀	TM조립 2		✓					
24	생산 3팀	TM조립 2		✓	✓				
25	생산 3팀	TM조립 2		✓	✓		✓		
26	생산 3팀	TM조립 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
27	생산 3팀	TM조립 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
28	생산 3팀	TM조립 3		✓					
29	생산관리팀	도장		✓	✓	✓	✓		
30	생산관리팀	자재보급	✓			✓	✓		
31	생산관리팀	자재보급	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
32	시스템 1팀		✓	✓	✓	✓	✓	✓	
33	종합서비스센터	서비스		✓	✓	✓	✓	✓	
34	종합서비스센터	서비스	✓	✓			✓	✓	

※ 음영 : 중간통증 이상

자재창고 불출입 작업의 특성을 살펴보면, 공작기계에 들어가는 전 외자품이 각국생산업체에서 보세품 창고로 입고된 후 세관검사의 현장 통관 후 입고내용물 list와 함께 외자창고로 입고된다.

3. 인간공학적 위험성 분석

공작기계제조업의 자재보관창고에 대하여 중량물 취급과 취급시의 자세에 대하여 Video 촬영을 통한 동작분석으로 작업을 분석하고 그 결과를 NLE, RULA 및 Snook's Table을 통하여 부담정도를 분석하였다.

분석에 사용된 자재보관창고의 기존 적재대는 제작한지 10년 이상이 된 노후설비이며 현 작업형태로 볼 때 각 단의 높이/깊이가 120cm로 불출입 작업시 신체가 적재대 내에 들어가서 작업함에 따라 허리를 숙인 상태에서 중량물을 취급하고 있으며, 적재공간 역시 3열 4단 높이로 구성되어 허리에 과도한 부담을 주고 있다. 이에 자재창고의 적재대를 대상으로 하여 인력작업이 이루어지는 부품박스의 3열 4단 적재 12가지 작업형태에 대하여 NLE 분석과 RULA를 실시하고, 적재대 2단에서 이루어지는 부품박스의 push/pull 작업에 대해서 Snook's Table 분석을 실시하였다. 이때 취급하는 부품박스의 중량은 15kg(bearing roller)이다.

본 연구에 적용된 12가지 작업형태는 Fig. 1과 같으며, 실제 현장에서 부품박스의 불·출입 작업시 발생하는 작업자세를 Fig. 2에 나타내었다.

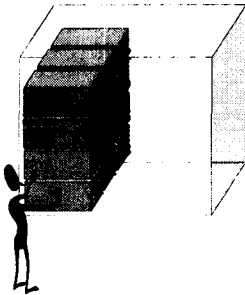


Fig. 1 적용된 12가지 작업형태



Fig. 2 부품박스 불출입시의 작업자세

12가지 작업형태에 대해서 NLE 분석을 통한 추천한계중량과 RULA 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. 12가지 작업형태별 NLE, RULA 분석 결과

		NLE	RULA	비고
1열 1단	시점	RWL : 9.817kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 6.782kg		
2열 1단	시점	RWL : 9.8165kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 6.0142kg		
3열 1단	시점	RWL : 부적합	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 부적합		
1열 2단	시점	RWL : 10.6527kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 7.8260kg		
2열 2단	시점	RWL : 10.6527kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 6.9400kg		
3열 2단	시점	RWL : 부적합	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 부적합		
1열 3단	시점	RWL : 10.1201kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 7.8776kg		
2열 3단	시점	RWL : 10.6527kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 7.3535kg		
3열 3단	시점	RWL : 부적합	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 부적합		
1열 4단	시점	RWL : 10.1201kg	6점 : Action Level III	
	종점	RWL : 8.3206kg		
2열 4단	시점	RWL : 10.6527kg	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 7.7670kg		
3열 4단	시점	RWL : 부적합	7점 : Action Level IV	
	종점	RWL : 부적합		

적재대 2단에서는 box를 적재한 후 안쪽으로 밀거나 당겨서 불출입작업을 하고 있다. 작업 형태는 1열에서 2열, 1열에서 3열로 이동하고 있으며, box를 1개에서 4개까지 쌓아서 작업하는 형태로 구분해 볼 수 있다. 현 작업에서 사용되는 부품 box는 13kg(bearing ball)이다. Snook's Table을 이용한 최대허용 초기힘과 최대허용 유지힘을 구한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Push/Pull 작업시 Snook's Table 분석 결과

	최대허용 초기힘	최대허용 유지힘
Push 작업	22kg	13kg
Pull 작업	16kg	10kg

따라서, 13kg 부품 box를 push/pull 작업할 경우 2개 이상은 허용한계를 벗어남을 알 수 있다.

4. 개선방안

개선방안은 크게 작업자세 및 방법의 개선, 작업대 규격 개선 및 작업물 중량에 대한 개선으로 나누어 볼 수 있다.

4. 1. 작업자세 및 방법의 개선

인력물자취급시 작업자의 건강상태나 연령, 성별, 심리적인 상태 등과 같이 작업외적인 요인이 작용하기도 하지만 가장 중요한 위험요인은 작업 환경조건이다. 즉 개인의 부하능력을 벗어난 과도한 중량물을 취급한다거나 중량물은 아니더라도 작업·특성상 부적합한 자세를 취하고서 장시간 일을 해야 한다거나 혹은 가벼운 물건일지라도 그것을 들어 올리거나 옮기는 회수가 빈번한 작업, 들어올리는 거리 등이 중요한 요인으로 지적되고 있다.

따라서 중량물 작업 자체를 기계화하는 환경개선이 무엇보다도 우선되어야 하고 차선택으로 개인의 작업특성과 부하능력에 맞는 중량물 허용한계를 계산해보고 이를 준수하도록 노력해야 한다. 만약 중량물의 무게를 줄일 수 없다면 취급회수를 줄이거나, 작업대 등을 이용하여 들어올리는 높이를 조절하거나, 중량물을 옮기는 거리를 줄이는 등의 적절한 방안을 적용해야 한다. 이 때 중량물을 취급함에 있어 다음과 같은 작업자세의 원칙을 지켜야만 동일한 중량을 취급한다 하더라도 허리에 가해지는 부하정도를 줄일 수 있다⁶⁾.

원칙 1. 물체의 중심과 작업자와의 간격(발까지의 거리)을 최소화한다.

이를 위해서는 몸의 중심을 물체에 최대한 가까이 해야 하고 가벼운 물건이라 하더라도 그 부피를 최소화해야 한다. 보통 물체의 중심과 작업자와의 거리가 20cm 이하일 때 척추에 가중되는 힘이 가장 작아지며, 만약 80cm 이상 떨어져 있을 때는 척추에 가해지는 힘이 5배 이상 커지게 된다.

원칙 2. 바닥에 놓여있는 물체의 중심이 가능하면 작업자의 허리높이와 동일해야 한다.

바닥에 있는 물체를 들어올릴 때는 물체의 무게중심이 허리 아래에 있기 때문에 허리에 가해지는 하중이 커지게 되므로 보조 적재대 등과 같은 받침대를 이용하여 물체의 중심높이가 작업자의 허리 높이(약 75 cm정도)에 위치하도록 인위적으로 조절할 필요가 있다.

원칙 3. 물체의 운반거리 및 회수(혹은 들어올리는 회수)를 최소화시킨다.

물체의 중량이 크지 않더라도 들어올리는 회수가 빈번해지면 허리에 무리가 갈 수 있다.

원칙 4. 만약 바닥에 있는 물체를 들어올릴 때는 허리를 곧게 편 상태에서 무릎을 굽혀 몸의 중심을 낮추도록 한다.

무릎을 편 상태에서 물체를 들어올리면 물체의 하중이 곧바로 척추에 전달되기 때문에 반드시 무릎을 굽힌 상태에서 들어올려야 한다.

원칙 5 . 물체를 어깨 위로 들어올리는 일은 절대로 금한다.

원칙 6 . 두 사람 이상이 물체를 들어올릴 때는 양쪽에 힘이 균등하게 배분되도록 행동을 동시에 취한다.

원칙 7 . 무거운 물체 혹은 부피가 큰 것은 물체의 한쪽에서부터 살짝 들어올려야 한다.

원칙 8 . 들어올리는 물체에는 손잡이가 있어야 하고 만약 손잡이가 여의치 않을 때는 코팅장갑을 착용하여 힘을 지지할 수 있도록 해야 한다.

원칙 9 . 물체를 들어올릴 때는 힘을 지지하는 발끝을 서로 나란하게 하지 말고 가능하면 대각선 방향이 되도록 하여 힘을 분산시키도록 한다.

원칙 10 . 바닥을 이용하여 물체를 이동시킬 때는 앞에서 끌어 당기지 말고 뒤에서 물체를 밀도록 한다.

원칙 11 . 같은 무게의 물체라 하더라도 가능하면 부피를 최소화 한다.

이상과 같은 원칙을 준수하여 인력물자취급시 위험을 방지하도록 한다.

4. 2. 작업대 규격 개선

일반적으로 적재대의 단수는 작업물의 크기에 따라 가변적으로 설계되어진다. 하지만 작업물의 크기가 작다고 하더라도 무게가 무거운 경우에는 높이에 제한을 두어 설계해야 한다.

적재대의 높이 기준은 실제 작업물의 손잡이 높이를 적용한다. 실제 작업물의 손잡이까지의 높이는 팔꿈치 높이보다 10~20cm 정도 낮게 설계해야 한다. 적재대의 경우 단수(홀수/짝수)에 따라 높이를 다르게 적용해야 한다. 한국인의 평균 인체치수를 고려한 적재대의 높이 기준은 Table 5와 같다⁷⁾.

Table 5 적재대 높이 기준

	고정식	조절식
남녀공통 ①/② 높이	93cm	84~104cm
남성용 작업대 ①/② 높이	97cm	90~104cm

홀수단일 경우 중간단의 높이는 Fig. 3의 ①(작업물 손잡이)까지의 높이 기준을 정한 후 작업물의 크기에 따라 그림과 같이 상단과 하단부분을 등간격으로 배치한다.

짝수단일 경우 가운데 2단의 작업물 손잡이의 중심을 기준으로 하여 높이 기준(Fig. 3의 ②)을 정한 후 홀수단과 마찬가지로 작업물의 크기에 따라 그림과 같이 상단과 하단부분을 등간격으로 배치한다.

작업대의 깊이는 작업물의 깊이를 고려하여 설계한다. 작업대의 깊이는 작업물을 작업대 끝까지 붙인 후 약 5cm 정도의 여유를 가지고 설계한다. 또한 단 사이의 간격은 작업물의 크기를 고려하여 약 10cm 정도의 여유를 가지고 설계한다.

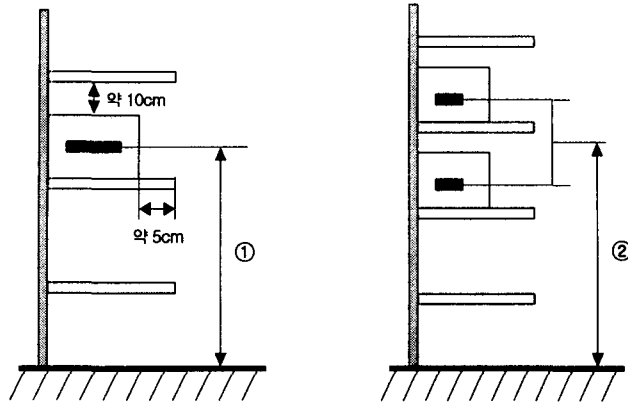


Fig. 3 적재대 높이 기준(홀수단 / 짝수단)

작업대의 경우 문제점은 단의 높이가 너무 높거나 낮을 경우 작업자의 허리에 부담을 줄 수 있다는 것이다. 최상단의 경우 작업대를 사용하는 주작업자의 키 이상이 되지 않도록 하여야 한다. 중량물일 경우에는 작업자의 어깨 높이 이상으로 적재하지 않도록 주의하여야 한다.

최상단과 최하단은 되도록 사용하지 않도록 하며, 공간상의 부족으로 사용해야 할 경우 빈도수가 적거나 가벼운 작업물을 적재하도록 한다.

4. 3 작업물 중량에 대한 개선

12가지 작업형태에 대한 NLE 분석 결과 모든 작업형태가 허용기준을 초과하였다. 따라서 작업물의 중량에 대한 개선이 필수적이나, 부품입고시 중량에 대한 제어가 불가능 하므로 작업자세나 운반보조기구 등의 사용으로 개선을 유도하여야 한다.

5. 결론 및 토의사항

자재창고 불출입 작업시에 발생하는 작업형태에 대해서 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 12가지 작업형태별로 분석한 NLE의 결과는 모든 작업이 취급하중을 벗어나게 되며, 특히 3열에서 불출입이 발생할 경우 분석자체가 부적합한 것으로 나타났다. 또한, 작업자세에 대한 RULA 분석 결과 모든 작업형태가 시급한 개선이 필요한 것으로 나타났다.

2. Snock's Table을 통해 push/pull 작업을 분석한 결과 부품 박스 1개에 대해서는 초기 힘이 각각 22kg/16kg으로 작업이 가능한 것으로 나타났으나, 실제 작업시 1~4개씩 부품 박스를 쌓아서 작업하고 있어 명확한 작업기준 제시가 필요하다.

본 연구 결과에 따라 다음과 같이 제안하고자 한다.

인간공학적 작업분석을 통해 나온 결과로는 10kg 이상의 부품박스를 현재의 적재대에 인력운반 작업을 하는 경우 모든 작업형태가 추천한계중량을 초과하게 되어 적재대의 개선이 필요한 것으로 나타났다. 또한, 인력으로 push/pull 작업을 하는 경우 두개 이상의 부품박스 취급시 허용중량을 초과하게 되므로 반드시 하나씩만 처리하도록 작업기준을 제정할 필요가 있다.

적재대에 대한 설계기준은 상기의 개선방안에 제시한 적재대 규격을 토대로 재설계하는 것이 자재보급창고의 인력운반 작업시 발생할 수 있는 위험성을 제거하는 방안이 될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 통계청, 광공업통계조사, 1998
2. 한국공작기계공업협회, '03년 상반기 시장동향, 2003
3. 노동부, 2002 산업재해 분석, 2003
4. NIOSH, Elements of Ergonomics Program, 1997
5. 한국산업안전공단, 작업관련 근골격계질환의 증상 및 위험요인 평가지침(H-28-2002), 2002
6. 한국산업안전공단, 직업성 요통예방을 위한 작업관리지침(H-05-98), 1998
7. 기술표준원, 제 4차 국민표준체위조사, 1997