Title

Worker-Centered Design of Workplace Area in the Electronic Industry

ABSTRACT

Objective: This research provides a guideline for workplace area design in the electronic industry, considering gender differences of physical characteristics.

Background: Co-work in the electronic industry requires workers of various physical properties to work cohesively in the conveyor line for mass production. This stresses the need for a worker-centered design of the workplace convenient for all the workers.

Method: In this research, the 6th Size Korea(National Anthropometric Survey in Korea) report is referred to obtain the design measurements according to age and gender varieties. This information is used to provide a workplace area guideline concerning conveyor line workers of age 20 to 40 of both genders.

Results: Physical properties of workers and workplace design principles were obtained for application in the assembly, inspection, and material handling process in the electronic industry.

Conclusion: Applying ergonomic design principles can provide safe and comfortable workplace for both genders.

Application: This research can be fundamentally used in designing worker-centered workplaces.

Keywords

Conveyor Line, Workplace Area, Electronic Industry, Worker-Centered Design

1. Introduction

최근 다양한 신체 특성을 갖는 사람들이 함께 쉽고 편하게 사용할 수 있어야 한다는 패러다임아래 작업자 중심의 작업장 설계에 대한 관심이 증가되고 있다. 작업자 중심의 작업장 설계는 다양한 분야에서 작업자의 안전과 작업의 생산성 향상에 기여하고 있는 것으로 보고되고 있어 그 중요성이 크다(Jeong and Kim, 2011; Pyo and Jeong, 2007).

전자제품의 생산방식인 컨베이어 라인 생산형태는 대량생산을 목적으로 신체 조건이 다른 작업자들이

하나의 컨베이어 라인에서 같이 일해야 하기 때문에, 모든 작업자에게 불편하지 않은 작업장을 제공하는 설계철학이 매우 중요하게 여겨지고 있다. 최근에는 전통적인 일자형 컨베이어 라인에서 '셀 생산 방식'과 같은 형태가 생산성 향상과 작업자의 신체 활동의 다양화 관점에 활성화 되고 있다. 셀 생산 방식은 '셀'이라 불리는 작업공간에서 한 명 또는 다수의 작업자가 다공정을 담당하여 조립하는 생산방식으로, 한 명 또는 다수의 작업작업자가 공정상의 어떠한 공정에도 참여 할 수 있는 형태로서, 다양한 특성의 작업자를 배려하는 작업장 설계가 필요하다.

작업장을 작업자 특성에 맞게 설계하기 위해서는 작업에 참여하는 성별, 연령별 인체측정치를 반영하여 설계하는 것이 바람직하다. 그러나, 인체측정치들을 이용하여 전자제품이나 가구, 의류 등의 설계에 이용한 연구는 활성화 되어 있지만, 작업장의 설계에 응용한 연구는 적다고 할 수 있다(Jeong and Park, 1990; Gouvali and Boudolos, 2006; Jung et al., 2007; Kang and Jung, 2009; Jung et al., 2009; Daruis et al., 2011). 작업장의 설계에 관한 지침으로는 유럽의 EN 894, 미국의 NFPA 79, MIL-STD-1472, 국제규격인 ISO 9241 등이 활용되고 있으며, 특히, 전자산업이나 반도체 산업에서는 EN 60204-1, SEMI S8-0701 등이 활용되고 있다. 특히 국내 몇몇 반도체 제조업체에서는 작업장과 관련된 설계기준을 사내 표준으로 정하여 활용하고 있으며, 일부 제조업체에서는 하청업체까지도 작업장의 설계기준을 준수하도록 권장하고 있다. 또한, 산업안전보건법에 따라 3년마다 시행하는 유해요인조사에서 작업공정을 개선할 때, 작업안전이나 생산성 향상을 위하여 작업자들의 신체크기를 고려한 작업역 설계에 관한 지침들은 매우 필요한 실정이다.

본 연구는 전자업종 컨베이어 라인의 대표 공정에서 고려해야 하는 설계요소 대하여 작업자 중심의 설계원칙에 입각한 작업역 설계에 관한 지침을 제공하는데 목적이 있다. 특히, 서로 다른 특성의 작업역을 갖고 있는 남성 작업자와 여성 작업자가 같이 일해야 하는 작업장에서 남녀 작업자 모두 쉽고, 편하고, 안전하게 작업할 수 있는 작업역을 고려하기 위한 지침을 제공하는 것을 목적으로 한다.

2. Method

최근 전자제품의 특성은 소형화와 대형화로 대표된다. 카메라, 네비게이션, MP3 등의 제품은 소형화 되는 경향을 보이고 있는 반면, TV등은 대형화되는 특성을 보이고 있다. 소형 제품의 전자제품을 생산하는 생산라인에서는 작업이 작업자의 정상 작업역이나 최대 작업역내에서 이루어지므로 비교적 작업역 설계에서 크게 문제가 되지 않는다. 그러나 대형 전자제품 생산라인에서는 작업자의 작업활동 범위보다도 큰 제품을 생산할 수 있으므로, 작업장에서 일하는 작업자의 성별, 연령별 특성을 반영한 작업자 중심의 설계 철학이 필요하다.

본 연구에서는 전자업종의 작업자 특성 및 제품특성을 고려하여 실질적인 작업역 설계치수를 제시하고자 한다. 전자제품 생산업종은 여성 작업자들이 80~90%를 차지하며, 여성 작업자의 연령대는 20대가 대부분을 차지하며, 남성 작업자들은 20~40대 까지도 걸쳐 나타난다. 따라서, 본 연구에서는 대형 전자제품을 생산하는 라인 작업장의 20~40대의 남녀 작업자들을 대상으로 작업역을 설계하는 것으로 연구범위를 한정하고자 한다. 본 연구에서는 생산라인의 공정별 작업역 설계요소를 도출한 뒤 작업역 설계에

관한 구체적인 설계원리와 설계치수를 제공하고자 한다. 작업역 설계에 필요한 설계치수는 2010년에 실시된 제6차 Size Korea(한국인 인체치수 조사사업)에서 도출된 연령별, 성별 인체치수를 이용한다.

일반적인 전자업종의 제조과정을 분류하면 크게 조립공정, 검사공정, 포장/물류 공정 등으로 분류할 수 있다. 조립공정은 컨베이어 또는 작업대에서 수공구 등을 이용하여 수평면 또는 수직면에서 조립하는 작업으로 구성된다. 검사공정에서는 조립이 완료된 제품을 육안으로 검사하거나 검사기기를 이용하여 불량 유무를 확인하며, 필요시 수리 또는 불순물 제거 작업을 병행하기도 한다. 물류공정은 하청공장이나 원자재 공급업체로부터 입고된 부품이나 원재료를 적재대를 이용하여 조립공정에 투입하는 과정과 제조과정에서 검사가 끝난 제품을 포장하고 적재하는 작업으로 구성된다. 물류공정에선 중량물을 취급하는 운반이나 적재 작업이 주를 이룬다.

각 공정에서 도출된 작업역 관련 설계요소를 요약하면 조립 및 검사공정은 작업대의 높이(수직 작업역), 작업대의 너비와 깊이(수평 작업역) 등으로 요약되며, 물류 공정의 설계요소는 적재 높이 및 깊이와 운반설비의 손잡이 높이 등으로 요약된다. 작업자 중심의 작업장 설계를 위해선 남녀, 연령별대별로 작업자의 특성을 고려하여 모든 작업자가 쉽고 편하게 작업할 수 있도록 인체치수를 반영하여야 한다. 본 연구에선 전자업종에서 근무하는 연령대인 20~40대 작업자의 인체측정치를 반영하여 설계한다.

제6차 Size Korea 보고서(KATS, 2010)에선 20대 측정치는 20~24세, 25~29세 그룹별로 5세 구간으로 나누어 제공하고 있으며, 이후부터는 10세구간의 측정치로 제공하여, 40대엔 40~49세 그룹의 10세 구간의 측정치로 제공하고 있다. 20~40대 인체측정치를 반영하기 위해선 20~40대 전체 그룹의 인체 특성을 반영하는 방법이 있고, 큰사람과 작은 사람 그룹을 대표하는 20대와 40대의 그룹의 특성을 반영하는 방법이 있다. 본 연구에서는 Size Korea 보고서(KATS, 2010)에서 출판된 인체측정치 형식을 이용하여 작업장을 설계하고자 한다. 인체치수가 다른 남녀 연령별 그룹의 작업자가 한 작업장에서 같이 근무하는 경우에는 작은 사람도 큰사람도 모두 포용할 수 있는 작업장을 설계하는 원리를 적용하면 된다. 6차 Size Korea 보고서에서 남녀 20~40대 연령별 인체 측정치를 비교하면 20~24세 그룹이 가장 크고, 40~49세 그룹이 가장 작은 것을 알 수 있다. 따라서, 작은 사람을 대변할 때는 남녀 작은 그룹에 해당하는 40~49세 그룹의 5%tile 치수를 이용하여 표현하면 된다. 또한, 큰 사람을 대변할 때는 남녀 20~24세 그룹의 95%tile 치수를 이용하면 된다.

3. Results

3.1 Assembly workplace design

3.1.1 Horizontal working area

전자업종 조립작업에서 작업자 정면에 관한 작업역 설계에서 고려해야 할 사항은 Figure 1에서와 같이 작업자가 팔을 과도하게 앞으로 뻗거나 허리를 숙이는 등의 불편한 작업 자세를 유발시키지 않도록

배려하는 것이다. 이를 위해서 작업자가 편안하게 작업할 수 있는 거리 내에서 작업이 이루어지도록 몸쪽에 가깝게 붙여서 허리 높이에서 작업이 이루어지도록 배치하는 것이 중요하다. 작업역 설계에서 자주하는 작업은 누구나 쉽게 손을 뻗치지 않고 취급할 수 있도록 정상작업역(normal working area)내에 위치하도록 한다. 가끔하는 작업은 허리를 굽히지 않고 손을 뻗쳐서 도달할 수 있는 한계인 최대작업역(maximum permissible working area)이내에 배치하는 것이 바람직하다.

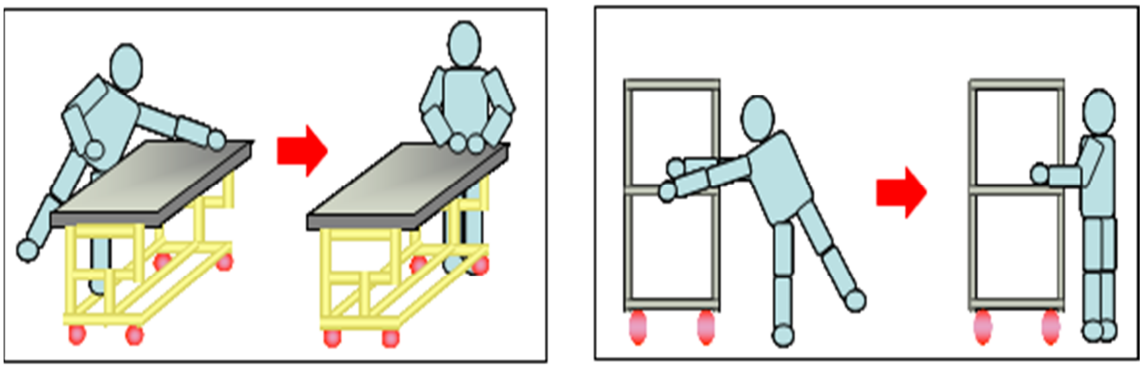

Figure 1. Inadequate and proper working posture

작업장에서 남녀 작업자 모두가 편하게 조립할 수 있는 작업역을 제공하기 위해서는 팔꿈치가 몸에 붙은 채로 손을 취급할 수 있는 길이를 나타내는 인체치수인 '팔꿈치주먹 수평길이(elbow-grip length)' 치수를 이용한다((Figure 2).

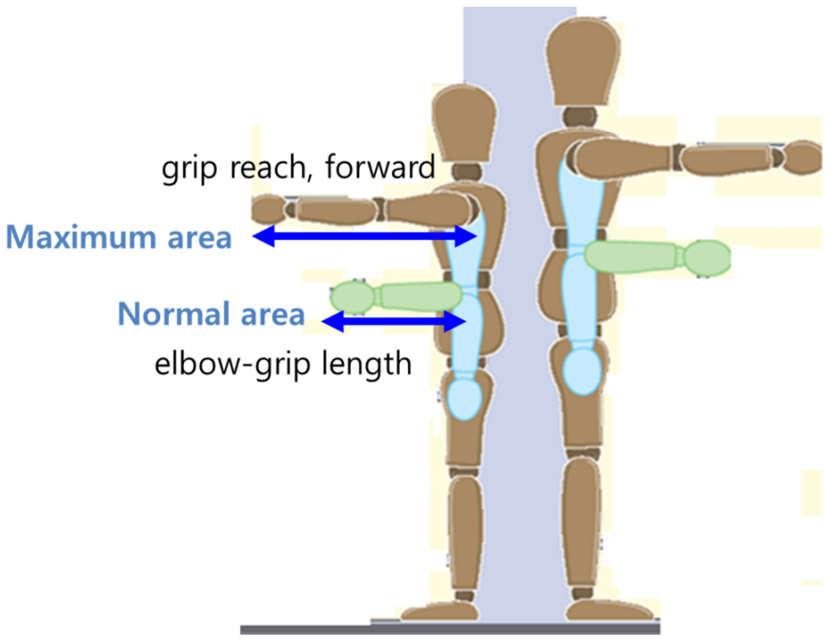

Figure 2. Elbow-grip length and grip reach, forward

Table 1. Normal working area – elbow-grip length

Age	Sex	Mean	Standard deviation	Elbow-grip length t(mm)		
				5%tile	50%tile	95%tile
20 ~ 24	Male	339	18.6	310	338	370
	Female	312	14.5	289	312	335
40 ~ 49	Male	321	16.5	295	320	350
	Female	298	14.6	275	297	323

Table 2. Maximum permissible working area - grip reach, forward

Age	Sex	Mean	Standard deviation	Grip reach, forward (mm)		
				5%tile	50%tile	95%tile
20 ~ 24	Male	709	32.0	657	709	762
	Female	647	32.0	602	644	705
40 ~ 49	Male	689	32.1	635	690	740
	Female	641	27.7	595	639	693

남녀 연령대에 관계없이 작업자 모두가 작업할 수 있는 정상작업역은 가장 작은 사람을 기준으로 한계선을 정하면 된다. 따라서, Table 1의 6차 Size Korea 보고서(2010)에 나타난 남녀 연령대별 그룹의 치수 중에서 가장 작은 그룹인 여자 40~49세 그룹의 elbow-grip length 5%tile 값인 27.5cm 기준으로 설계하면 된다. 또한, 남녀 작업자에게 최대로 허용될 수 있는 최대작업역은 Figure 2에서 손을 뻗쳐서 잡을 수 있는 최대 허용치수인 'grip reach, forward'을 이용한다. 최대 허용구간도 모든 그룹의 사람들이 허용 가능해지려면 작은 그룹의 최소치를 기준으로 설계해야 한다. 따라서, Table 2에서 여자 40~49세 그룹의 'grip reach, forward' 치수 5%tile 값인 59.5cm을 기준으로 설계한다.

TV와 같이 대형 제품을 생산하는 경우에는 정면에서 작업할 때 수평 작업역이 작업자의 최대 작업역을 초과할 수 있다. 남녀 작업자들을 배려하는 경우에 수평 작업역이 59.5cm정도 까지는 남성 및 여성 작업자가 단독으로 1인 완성형 형태의 작업을 수행할 수 있지만 그 이상의 수평 작업역을 갖는 제품을 생산하게 될 경우 2인 이상 협업 작업을 필요로 하게 된다. 즉, 수평 작업역이 59.5cm 이상인 경우에는 2인1조로 협업작업을 하도록 하는 것이 바람직하다. 작업역이 119cm를 초과하는 경우에는 2인 협업작업이 가능한 남성 작업자를 선발하여 배치하거나, 수평 작업대를 기울이면 직선거리가 짧아지므로 적절한 조치를 모색하는 것이 필요하다.

3.1.2 Conveyor or worktable height

컨베이어 높이나 작업대의 높이가 너무 낮은 경우 작업자의 허리와 목이 과도하게 굽혀지게 되며, 너무 높은 경우 어깨가 들리게 되어 작업자의 피로도를 상승시키고 작업효율을 저하시킨다. 하나의 컨베이어 높이에서 신체조건이 다른 여러 작업자가 편하게 작업하기 위해서는 모든 사람이 편하게 작업할 수 있는 허용구간을 택하여 컨베이어 높이를 제공하면 된다. 작업이 수행되는 작업대나 컨베이어의 높이는 작업자의 'elbow height'를 기준으로 설계한다. 작업대에서 이루어지는 단순 조립 작업은 작업자의 Figure 3의 elbow height를 기준으로 약 5~10cm 정도 낮게 설계해야 하며, 정밀 조립 및 검사 작업의 경우 작업자의 elbow height에 맞게 설계하거나 약간 높게 설계하는 것이 이상적이다.

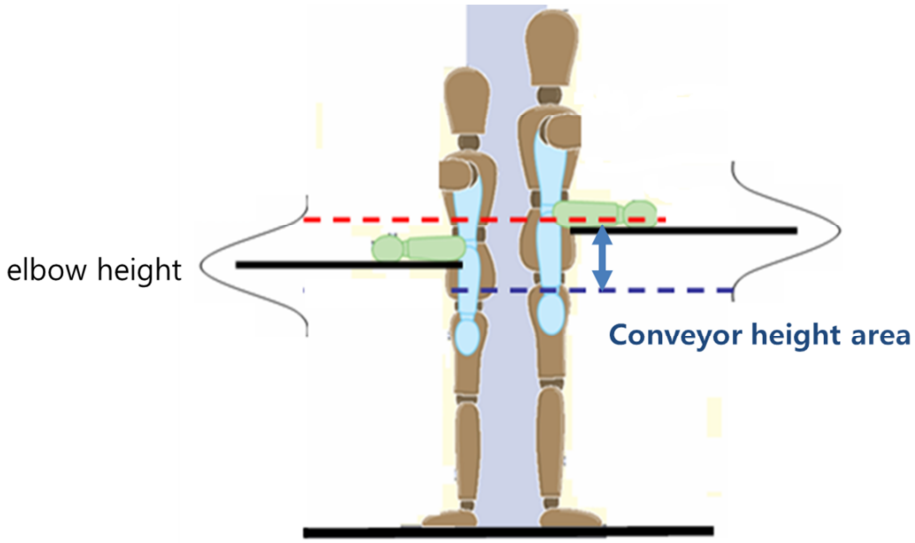

Figure 3. Elbow height and work surface height

작업대에서 이루어지는 단순 조립작업 및 정밀 작업에 대하여 남녀 연령대별 작업자 모두를 배려한 적정 작업대 높이를 산출하기 위해서는 굽힌 팔꿈치높이를 기준으로 남자 작업자가 허용 가능한 범위와 여자 작업자가 허용 가능한 범위를 공통적으로 만족하는 범위를 선택하면 된다. 연령대별로는 elbow height가 20~24세에서 크기 때문에 5%tile를 하한선으로 정하고, 상한선은 40~49세가 작으므로 95%tile 범위로 정하면 가장 수용범위가 적합한 구간이 된다. 즉, 큰 연령대 그룹의 작은 치수보다는 크고, 작은 연령대 그룹의 큰 치수보다는 작게 설계하면 작은 사람과 큰 사람의 공통으로 허용 가능한 구간이 된다. 남녀별로는 여자가 작고, 남자 치수가 크므로, 전체 허용 구간은 큰 그룹인 남자 20~24세 5%tile에서 작은 그룹인 여자 40~49세 95%tile 구간으로 정하면 된다. 제6차 Size Korea 보고서(2010)에 나와있는 연령별, 성별 인체치수에 따르면, 'elbow height'의 큰 그룹인 20~24세 남성의 5%tile 값은 99.7cm가 최소치로 표현되며, 작은 그룹인 40~49세 여성 95퍼센타일 값인 101.9cm가 남녀를 고려한 최대 허용범위로 이용된다. 즉, 남녀 모두를 고려한 적정 작업대 높이는 99.7 ~ 101.9cm 구간이므로, 남녀 공용 컨베이어 높이는 100~101cm를 기준으로 작업종류에 따라 설계하면 된다.

Table 3. Conveyor height - elbow height

Age	Sex	Mean	Standard deviation	Elbow height(mm)		
				5%tile	50%tile	95%tile
20 ~ 24	Male	1056	37.0	997	1056	1123
	Female	972	37.2	912	970	1034
40 ~ 49	Male	1036	41.4	971	1035	1108
	Female	961	36.1	902	960	1019

컨베이어 라인의 설계에서 중요하게 생각해야 할 점은 컨베이어 높이가 작업대 높이의 역할을 한다는 점이다. 따라서 조립작업이 주로 이루어지는 일자형 컨베이어 라인의 경우에는 조립할 때 작업점의 높이를 기준으로 컨베이어 높이를 정하면 된다. 예를 들어 PCB 기판에 부품을 삽입하는 공정에서는 PCB 기판의 높이를 기준으로 컨베이어 높이를 정하면 된다. 만일 높이를 무시할 정도인 PCB 기판이 아니라 TV나 냉장고와 같이 부피가 있는 제품의 조립 작업점을 권장 컨베이어 높이에 맞추려면 실제 컨베이어의 높이는 권장 높이에서 작업 대상물의 높이를 뺀 높이로 해야 할 것이다.

조립작업용 컨베이어의 높이는 작업자 모두가 적합한 구간에서 반복적인 작업을 수행하는 데 목적을 가지므로 수용 폭이 좁다. 따라서, 조립작업이 특정 높이에서 주로 일어나지 않고, 작업 높이가 다른 지점에서 발생하는 경우에는 조립 작업이라 하더라도 작업대의 높이 설계가 수용 가능한 작업영역에 관한 설계 문제로 해석해야 한다. 따라서, 작업 높이를 바꾸어서 조립해야 하는 컨베이어 라인의 작업대 높이 설계는 검사 작업대의 높이설계와 같이 작업영역에 관한 설계 문제로 접근하는 것이 바람직하다.

3.2 Inspection workplace design - vertical working area

검사작업은 제품을 검사하기 위해 검사기기로 옮기거나, 제품을 여러 각도에서 보기 위해 수직으로 세우는 작업과 같이 작업자의 동선 및 검사설비 자체 특성으로 인하여 검사와 관련된 표시장치 및 제어장치가 낮거나 높게 설계되어 있는 등의 경우가 많다. 따라서, 검사작업은 컨베이어 높이와 같이 적합한 특정 높이를 정하는 문제라기 보다는 허용 가능한 작업 범위를 구하는 문제로 접근해야 한다. 즉, 검사작업에서 되도록이면 조립작업과 마찬가지로 작업자의 elbow height에서 검사가 이루어지도록 하는 것이 바람직하나 검사작업의 특성상 그보다 더 큰 폭의 수직 작업구간을 요구하기 때문에, 자주 하는 검사작업은 권장 구간인 정상작업역에 배치하고, 가끔 하는 검사작업은 최대 허용구간인 최대작업역으로 구분하여 고려하는 것이 바람직하다. 검사작업의 권장작업 영역은 일반적으로 팔로 할 수 있는 동작 범위에 해당되는 작업자의 'fist height'에서 'acromion height'까지를 고려하며, 최대동작 영역은 허용 동작범위에 해당하는 바닥에서 '키'까지 허용범위로 정할 수 있다(Figure 4).

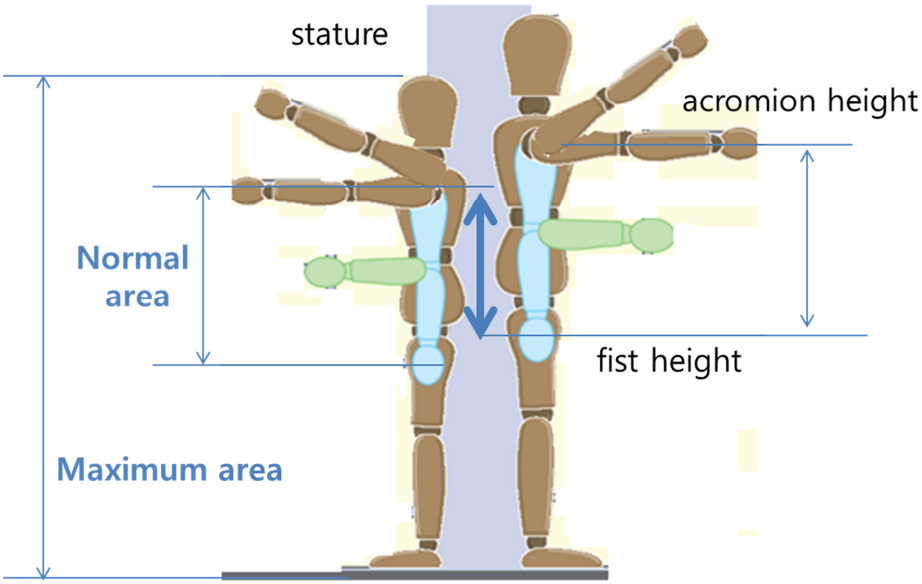

Figure 4. Inspection workplace design - fist height and acromion height

Table 4. Fist height

Age	Sex	Mean	Standard deviation	Fist height(mm)		
				5%tile	50%tile	95%tile
20 ~ 24	Male	766	32.0	713	768	817
	Female	709	32.4	655	710	764
40 ~ 49	Male	767	34.5	708	765	825
	Female	712	30.9	662	712	762

Table 5. Acromion height

Age	Sex	Mean	Standard deviation	Acromion height(mm)		
				5%tile	50%tile	95%tile
20 ~ 24	Male	1398	46.1	1323	1399	1476
	Female	1287	48.4	1209	1287	1370
40 ~ 49	Male	1369	52.8	1283	1368	1454
	Female	1261	44.0	1190	1260	1333

Table 6. Stature

Age	Sex	Mean	Standard deviation	Stature(mm)		
				5%tile	50%tile	95%tile
20 ~ 24	Male	1735	51.7	1651	1740	1817
	Female	1604	52.7	1515	1605	1699
40 ~ 49	Male	1692	56.8	1599	1691	1785
	Female	1567	49.9	1490	1566	1648

남녀 작업자 모두를 배려하기 위한 구간인 권장작업역은 하한선은 굽히지 않고 잡을 수 있는 최저 높이에 해당하는 'fist height'가 큰 작업자 그룹의 95%tile를 이용하고, 상한선은 작은 그룹의 '어깨높이'의 5%tile을 고려한다. Table 5에서 하한선으로는 'fist height'가 큰 남성 20~24세 작업자의 95%tile인 81.7cm을 선택하고, 상한선인 'acromion height'는 Table 6에서 작은 그룹인 여성 40~49세의 5%tile인 119.0cm을 고려하면, 적정 구간은 81.7~119.0cm가 된다. 최대 작업역은 바닥면에서 'Stature'까지로 정하되, 최대허용 높이인 키는 Table 7에서 작은 사람기준으로 40~49세 여성 작업자의 5%tile인 149.0 cm를 이용한다. 즉, 최대작업역은 바닥면 ~ 149.0cm 범위로 한다.

3.3 Working area design of material handling

Material handling 공정에서는 적재 높이 및 깊이 그리고 운반구 손잡이 높이의 설계요소를 바탕으로 주로 중량물 취급에 관련된 작업역에 대한 설계지침을 제시한다. 중량물을 사용하거나 취급할 때 당기거나, 밀거나, 누르거나, 운반하는 행위들이 이루어지며, 이러한 중량물 취급 작업에서는 이동 거리를 줄이는 것이 시간 절약과 작업 위험을 줄이는 데 도움이 되므로 최대한 몸 쪽에 가능한 가깝게 허리 높이에서 취급하는 것이 좋다. 같은 무게의 중량물이라도 신체 역학적인 측면에서 볼 때 몸에서 거리가 멀리 떨어질수록 더 큰 하중이 요추에 걸리게 된다. 중량물을 취급하는 경우에는 최적 조건을 기준으로 하기 보다는 좋지 않은 조건을 기준으로 중량물 취급 허용한계를 정하는 것이 예방 측면에서 의의가 있다고 할 수 있다. 즉, 작업자의 작업역을 기준으로 각 구간의 취급허용한계에 해당되는 무게를 정하고 적재작업을 설계하는 것이 좋다.

Figure 5는 영국 HSE(2004)에서 제시한 작업역 구간별 중량물 취급 용이함의 정도를 나타낸다. 중량물 취급시 작업자가 가장 효율적으로 힘을 사용할 수 있는 최적 구간의 높이 영역은 작업자의 'fist height'부터 'elbow height'이며, 권장 구간은 'knee height'에서 'acromion height'까지 이다. 최적 구간의 하한선은 큰 그룹인 남자 20~24세의 주먹높이 95%tile(81.7cm)로, 상한선은 Table 7에서 작은 그룹 여자 40~49세 'elbow height' 5%tile(101.9cm) 까지를 구간으로 한다. 즉, 81.7~101.9cm 구간에서 중량물이

취급되도록 하는 것이 이상적이라고 할 수 있다. 권장 구간의 하한선은 큰 그룹인 남자 20~24세의 무릎높이 95%tile(49.5cm)로, 상한선은 작은 그룹 여자 40~49세 '어깨높이' 5%tile(119.0cm) 까지를 구간으로 한다. 즉, 중량물 취급의 권장 구간은 49.5 ~ 119.0 cm로 한다.

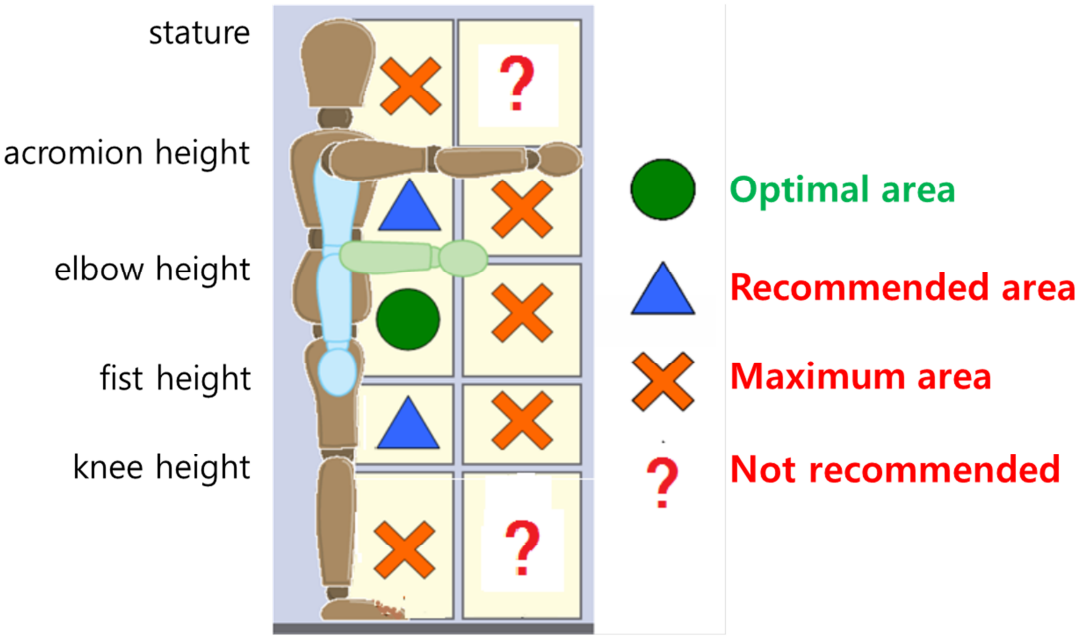

Figure 5. Working area of material handling

Table 7. Knee height

Age	Sex	Mean	Standard deviation	Knee height(mm)		
				5%tile	50%tile	95%tile
20 ~ 24	Male	460	21.9	425	459	495
	Female	414	22.5	378	414	452
40 ~ 49	Male	432	260	388	432	475
	Female	401	208	363	403	434

4. Conclusion

최근 작업장을 살펴보면 근로자의 평균 나이가 많아지고 있으며, 여성 작업자들이 늘어나고 있다. 이에 따라 작업의 요구 사항을 만족하는 작업자를 선발하던 시대에서 힘이 약하고 튼튼하지 않은 초보자도 쉽게 작업 할 수 있도록 작업을 설계해야 하는 시대로 바뀌게 되었다. 작업자의 능력을 고려한 작업 설계가 되지 않으면 원하는 생산성과 품질을 확보하기가 더욱 더 어려워지고, 작업의 요구 사항을 못 견디고 작업관련성질환이 발생하는 상황이 된 것이다. 따라서, 작업자의 신체적 능력을 고려한 작업자 중심의 작업장 설계를 하는 것이 작업의 생산성과 품질, 안전을 확보하는 길이라고 할 수 있다.

작업 현장에서 어려운 작업은 설계 단계에서 고려되었더라면 쉽게 해결할 수 있는 문제들이 많이 존재하므로 설계 단계부터 인간공학적인 작업 방법에 대하여 관심을 가져야 한다. 작업자 중심의 설계를 바탕으로 한 작업 개선 활동은 생산성 향상을 위한 활동과 같은 효과를 가져오므로 작업자가 편하고 쉽게 작업할 수 있도록 작업장을 개선하기 위해선 작업역 설계에 관한 지침이 필요하다.

본 연구는 작업자 중심의 설계 개념을 전자제품 제조라인 작업장에 적용하기 위한 적용방안을 제시하였다. 즉, 전자업종의 조립, 검사, 물류 공정에서 한국인의 인체치수를 반영하여 수평, 수직 작업역 설계에 관한 지침을 제시하였다. 하지만 그 연구 대상을 컨베이어 라인생산을 하는 전자업종의 작업장에 국한하고 있으며 연령대의 배려에 있어 남녀 20~40대까지만을 고려한 점과 작업역에 관계된 설계치수만을 도출했다는 점에서 한계를 갖고 있다.

향후 다양한 업종과 작업형태에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되며, 좀 더 폭 넓은 연령대에 대한 추가연구가 이루어져야 할 것으로 보인다. 또한, 본 연구에서는 작업자의 신체적 안전성과 편리성에 대한 측면만을 고려한 작업자 중심의 설계라는 한계를 갖고 있다. 차후, 인체측정치수에 대한 응용원리뿐만 아니라 작업자의 인지적 특성까지 배려할 수 있는 연구가 추가로 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

그럼에도 불구하고 본 연구에서 제시한 작업역 설계지침은 작업역 설계에 적용되기 위한 실질적인 설계변수에 대한 가이드라인으로 이용할 수 있으며, 작업장의 성별 또는 연령대별 작업자 특성에 따라 도출된 설계원리와 절차를 적용할 수 있다는 점에서 의미가 있을 것으로 여겨진다.

Acknowledgements

References

Daruis, D.D.I., Deros, B.M. and Nor, M.J.M., Malaysian sitting anthropometry for seat fit parameters, *Journal Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 21(5), 443-455, 2011.

Gouvali, M.K. and Boudolos, K., Match between school furniture dimensions and children's anthropometry, *Applied Ergonomics*, 37(6), 765-773, 2006.

HSE, Getting to grips with manual handling: A short guide, HSE Books, 2004.

Jeong, B.Y. and Kim, Y.H., Ergonomic Guidelines and Intervention Procedures for Farm Workers*, Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(4), 443-450, 2011, DOI:10.5143/JESK.2011.30.4.443

Jeong, B.Y. and Park, K.S., Sex differences in anthropometry for school furniture design, *Ergonomics*, 33(12), 1511-1521, 1990. DOI:10.1080/00140139008925350

Jung, K.T., Shin, D.J., Chun, K.J., Won, B.H., Hong, J.S., and Kim, J.H., Anthropometric Analysis and Usability Evaluation of Four-wheeled Walker, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(2), 17-26, 2009.

Jung, K., Kwon, O., and You, H., An Anthropometric Product Design Approach Using Design Structure Matrix (DSM): Application to Computer Workstation, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(3), 111-115, 2007.

Kang, B.K. and Jung, K.T., Anthropometric and Standing Action Analysis for Electric Adjustable Bed, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 28(4), 125-137, 2009.

KATS, *6th Size Korea Report, Korean Agency for Technology and Standards*, 2004.
http://sizekorea.kats.go.kr/

Pyo, Y. and Jeong, B. Y., An Implementation Case of Ergonomics Program at a Shipbuilding Company, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 26(3), 45-52, 2007.