

한국인 인체 중 손과 팔의 기계류 안전에 대한 인간공학적 평가 및 DB 구축

조봉조*, 손 권**, 김성진*, 정윤석*

*부산대 기계설계공학과, **부산대 기계공학부

Ergonomic evaluation for the safety of machinery and construction
of modified data base for a hand and an arm of Korean human body

Bong-Jo Cho*, Kwon Son**, Seong-Jin Kim*, Yun-Seok Jeong*

*Dept. of Mechanical Design Eng., Pusan National Univ.,

**Dept. of Mechanical Eng., Pusan National Univ.

ABSTRACT

본 연구에서는 한국인 인체 자료를 바탕으로 감성환경에 적용하기 위한 기계류 안전에 대한 설계 및 측정 자료의 DB를 구축하고 인간공학적으로 평가하였다. 연구 내용은 기계류 안전에 대한 국제 표준 규격(ISO 15534)과 관련된 총 23가지의 인체 치수 자료이다. 유럽인을 모집단으로 하여 측정된 표준 규격에 비해 일치하지 않거나 측정에서 누락된 한국인 자료에 대해 몇몇 가정을 통해 수정함으로써 표준 규격에 상응하는 한국인 인체 자료를 생성시키는 기법을 개발하였다.

Keyword: ergonomics, ISO 15534, modification, anthropometric

1. 서론

우리 인간은 일상생활을 영위하는데 있어서 필연적으로 모든 제품이 사용하기에 편리하고 우리 인간의 기능에 적합하게 제조되기를 기대하고 있다. 이를 위해서는 감성제품의 설계

에 인체 측정자료가 활용되어야 한다.

그런데 1970년대 초반까지만 하여도 한국시장은 기술적으로 외국제품에 의존하였고 독자적인 제품 개발이 어려운 실정이었다. 그 후 국가적인 차원에서의 연구·개발에 대한 투자와 국민 모두의 노력의 결과로 눈부신 성장을

거듭하여 독창적인 설계의 단계에까지 이르렀다. 독창적인 산업설계를 위해서는 기본적으로 인체 측정자료의 활용이 요구되고 있으나 그동안 인간공학분야에서의 발전이 미약하여 산업제품 디자인에 필요한 한국인의 인체 특성 자료의 산출이 거의 이루어지지 않았다. 이로 인해 한국의 많은 디자이너, 기술자, 건축가, 과학자들은 미국, 유럽, 일본 등지에서 얻은 인체 측정자료를 이용하게 되었고 어떤 경우에는 수정하지 않고 사용하기도 하였다. 한국인의 인체특성을 고려하지 않고 생산된 제품들은 한국인들의 기능에 적합하지 않았고 따라서 한국인의 국민체위자료에 대한 필요성이 대두되었다. 그런 이유로 인하여 1970년 후반부터 정부, 연구소, 산업체에서는 한국인에 대한 인체 측정자료를 산출하기 위한 작업에 착수하였으며 근래에는 인간공학에 관련된 연구기관, 학계가 활발히 움직이기 시작하고 있다.[1]

국제 표준 규격(ISO 15534)에서는 유럽인 모집단에 대하여 인체의 몸 전체 및 각 부분이 기계류에 설치된 통로를 통과함에 있어 필요한 치수에 대해 규정하고 있다.[2] 감성환경 디자인에 있어 인체의 치수란 상당히 중요한 부분을 차지한다.[3] 하지만 1997년 조사된 한국표준체위 조사 보고서에 따르면 국제 표준 규격에서 규정하고 있는 인체 치수에 상응하는 자료의 수가 상당히 부족한 상태이다.[4]

본 연구에서는 국제 표준 규격과 완전히 부합하는 한국인의 인체 측정자료를 선택하고 부족한 한국인의 인체 측정자료 중 팔(손)과 다리(발)에 관련된 자료들에 대해서는 몇 가지 가정을 바탕으로 국제 표준 규격에 맞게 수정하여 한국인의 인체 측정자료를 보완, 국제 표준 규격에 상응하는 DB를 구성하고, 인간공학적으로 평가한다.

2. 국제 표준 규격(ISO 15534)

ISO 15534에서는 기계류의 안전성에 대한 인간공학적인 설계 기준을 제시하고 있는데, 모두 세 부분으로 구성되어 있다. ISO 15534

에서는 기계류에 설치된 통로의 치수를 규정함에 있어 최적이 아닌 최소의 치수를 규정하고 있다. 기계류에 설치된 통로의 치수는 95%ile 집단 기초를 두고 있다.

2.1 ISO 15534-1

기계류에 몸 전체가 통과하는데 요구되는 치수 결정의 원리에 대해 규정하고 있으며, 모두 5가지 항목에 대하여 규정하고 있다.

- ① 직립 자세에서 전방으로 수평 이동에 대한 통로
- ② 직립 자세에서 짧은 거리에 걸쳐 측 방향으로 수평 이동에 대한 통로
- ③ 사다리를 사용하여 관을 통과하는 수직 이동
- ④ 가능한 한 빠른 이동을 요하는 맨홀
- ⑤ 무릎을 구부린 자세에서 통과하는 통로

2.2 ISO 15534-2

기계류에 신체 일부분이 통과하는데 요구되는 치수 결정의 원리에 대해 규정하고 있으며, 모두 12가지 항목에 대하여 규정하고 있다.

- ① 상체와 팔에 대한 통로
- ② 머리에 대한 통로
- ③ 양팔의 통로
- ④ 팔꿈치까지 양팔에 대한 통로
- ⑤ 어깨 관절까지 한 팔의 측 방향 통로
- ⑥ 팔꿈치까지 한 팔에 대한 통로
- ⑦ 주먹에 대한 통로
- ⑧ 엄지를 포함한 손목에서 편 손에 대한 통로
- ⑨ 엄지의 아래에서 편 손(네 손가락)에 대한 통로
- ⑩ 다른 손가락들에 의해 제한되는 검지에 대한 통로
- ⑪ 발목뼈에서 한 발에 대한 통로
- ⑫ control actuators를 작동시키는 앞발에 대한 통로

2.3 ISO 15534-3

ISO 15534 1과 ISO 15534 2에서 기계류에 설치된 통로의 치수를 결정하는데 필요한 인

표 2 완전히 부합하는 한국인 인체 자료

기호	설 명	ISO치수 (mm)	한국인치수 (mm)
h_1	키	1881	1788
h_8	바깥 복사점 높이	96	76
c_1	엉덩이 무릎 길이	687	596
c_2	발길이	285	267
t_5	중지 끝부터 엄지 끝까지의 길이	88(5%ile)	70(5%ile)

표 3 수정 가능한 한국인 인체 자료

기호	설 명	ISO치수 (mm)	한국인치수 (mm)
a_3	엄지를 포함한 손 너비	120	288
a_4	엄지를 제외한 손 너비	97	261
b_2	주먹 쥐고 앞으로 뻗은 팔 길이	820	881
d_1	위팔 직경	121	347
d_2	아래팔 직경	120	289
t_1	작업하는 팔 길이	340(5%ile)	410(5%ile)

체측정학적(anthropometric) 자료들을 ISO 15534 3에서 지정하고 있으며, 모두 23가지 항목(키, 몸통 두께, 손길이, 발길이 등)의 인체측정학적 자료들이 사용되고 있다.

인체측정학적 자료들은 아무 것도 착용하지 않은 상태의 사람에 대해 행해진 것이며, 다른 변수들에 대해서는 고려하지 않는다.

이 자료들은 유럽의 남녀 3백만 명 이상의 단체를 상대로 한 인체측정학적 조사에 기초를 두고 있다.

3. 한국인 인체 자료의 수정 및 보완

한국표준체위 조사 보고서에 의하면 120가지 항목의 한국인 인체 자료 중에는 23가지 항목의 국제 표준 규격과 완전히 부합하는 항목이 5가지, 수정 가능한 항목이 6가지, 누락된 항목이 12가지가 존재한다. 감성환경 내에서 한국인 인체의 감성적 평가를 위해서는 일치하지 않는 수정 가능한 한국인 인체 자료에 대한 수정과 누락된 자료에 대한 보완이 필요하다.

수정 가능한 인체 자료의 경우에는 국제 표준 규격에서 엄지를 포함한 손 너비는 한국표

표 4 누락된 한국인 인체 자료

기호	설 명	ISO치수 (mm)
a_1	양 팔꿈치의 거리	545
a_5	검지 직경	23
a_6	발 너비	113
b_1	몸통 폭	342
b_3	손바닥에서 손 폭	30
b_4	엄지에서 손 폭	35
c_3	코끝에서 머리 길이	240
d_3	주먹 직경	120
t_2	팔뚝 길이	170(5%ile)
t_3	옆으로 뻗은 팔 길이	495(5%ile)
t_4	머리 길이	152(5%ile)
t_6	검지 길이	59(5%ile)

준체위 조사 보고서에서는 최대 손 들레, 엄지를 제외한 손 너비는 손 들레, 주먹 쥐고 앞으로 뻗은 팔 길이는 앞으로 뻗은 손끝 길이, 위팔 직경은 위팔 들레, 아래팔 직경은 아래팔 들레, 작업하는 팔 길이는 팔꿈치 손끝 길이로 지정하고 있다. 일치되는 항목, 수정 가능한 항목, 누락된 항목에 대해서는 표 1~3에서 나타내고 있다. 백분위가 표시되지 않은 항목은 95%ile 인체를 나타낸다.

수정 가능한 총 6가지의 항목에 대해 각 항목에 간단한 가정을 적용하여 한국인 인체 자료를 국제 표준 규격에 부합시킨다. 먼저 손의 경우, 손끝을 완전히 편 상태에서 손끝을 정면으로 하여 본 손의 단면을 직사각형으로 가정한다. 또, 엄지에서 손 폭 치수 및 손바닥에서 손 폭 치수가 유럽인과 한국인의 차이가 없다고 가정하고 주먹의 길이와 손을 편 상태의 길이 차이는 중간 손가락의 길이로 가정하며, 위팔과 아래팔은 완전한 원으로 가정한다. 각 가정을 바탕으로 하여 치수를 계산하는 방법

표 5 수정된 손/팔에 관련된 한국인 인체 자료

기호	설 명	ISO치수 (mm)	한국인치수 (mm)
a_3	엄지를 포함한 손 너비	120	109
a_4	엄지를 제외한 손 너비	97	100
b_2	주먹 쥐고 앞으로 뻗은 팔 길이	820	795
d_1	위팔 직경	121	110
d_2	아래팔 직경	120	92
t_1	작업하는 팔 길이	340(5%ile)	340(5%ile)

표 6 한국인 인체 측정자료의 수정

기호	계산 방법	계산된 치수 (mm)	비고
a_3	(최대 손 둘레) (엄지에서 손 폭) $\times 2$	(288 35 $\times 2$):2 109	35 : 국제 표준 규격 95%ile 인체의 엄지에서 손 폭
a_4	(손 둘레) (손바닥에서 손 폭) $\times 2$	(261 30 $\times 2$):2 100	30 : 국제 표준 규격 95%ile 인체의 손바닥에서의 손 폭
b_2	(앞으로 뻗은 손 끝 길이) (가운데 손가락 길이)	881 86 795	86 : 한국인 인체 자료 95%ile 인체의 가운데 손가락 길이
d_1	(위팔 둘레): π	347: $\pi \approx 110$	
d_2	(아래팔 둘레): π	289: $\pi \approx 92$	
t_1	(팔꿈치 손끝 길이) (가운데 손가락 길이)	410 70 ≈ 340	70 : 한국인 인체 자료 5%ile 인체의 가운데 손가락 길이

과 계산된 치수를 표 5에 나타내었다.

표 1에 나타나 있는 국제 표준 규격과 완전히 부합하는 한국인 인체 자료 및 각 수정된 손과 팔에 관련된 한국인 인체 자료들을 표 4에 정리하여 한국인 인체를 국제 표준 규격과 비교 분석해보면 같은 백분위 인체의 경우 대부분의 한국인 인체 자료가 국제 표준 규격의 자료보다 10~20 mm 정도 작은 치수를 가진다는 것을 알 수 있다. 엉덩이 무릎 길이나 작업하는 팔 길이의 비교에서 차이가 상당히 나거나 거의 차이가 보이지 않는 것은 측정 기준이 확실히 일치하지 않기 때문에 발생하는 것으로 볼 수 있다.

4. 국제 표준 규격에 맞춘 한국인 인체의 DB 구축 및 고찰

표 7 재구축된 연령별 한국인의 인체 측정자료

기호	청년층 1 (18-24세)		청년층 2 (25-39세)		장년층 (40-59세)		노년층 (60세 이상)	
	남	여	남	여	남	여	남	여
h_1	1803	1681	1792	1668	1758	1631	1728	1593
h_8	76	70	76	69	75	68	70	66
a_3	105	91	109	95	107	97	111	96
a_4	92	82	96	85	90	86	98	85
a_6	110	99	111	100	110	104	108	104
b_2	694	647	687	635	701	627	686	634
b_2	802	738	800	734	789	732	775	733
c_1	600	571	595	567	595	556	581	580
c_2	230	214	230	214	230	214	228	212
c_2	268	245	267	243	265	240	262	241
d_1	105	96	110	96	110	103	04	102
d_2	89	77	83	79	91	82	89	80
t_1	343	317	340	318	338	316	338	315
t_5	70	66	70	66	70	66	70	66

국제 표준 규격과 완전히 일치하거나 수정된 한국인 인체 자료에 대해 각 연령별로 한국인 인체 DB를 구축하여 표 6에 나타내었다.

국제 표준 규격에 나타난 인체 자료는 특별한 연령대가 없이 임의의 3백만 명의 유럽인들을 대상으로 하여 조사되었고, 한국인의 인체 측정자료는 18세부터 70세까지의 남자 6,578명, 여자 6,484명, 총 13,062명을 대상으로 하여 조사된 자료를 바탕으로 하여 비교 분석한다. 국제 표준 규격의 경우 한국인 모집단에 비해 몇 백 배의 수를 가진 모집단에서 자료를 얻어 한국인 모집단의 수가 부족하다.

1997년에 조사된 한국표준체위 조사 보고서는 일상적으로 전국민이 사용하고 있는 의류, 신발, 침대 등 각종 산업제품의 표준화를 위해 조사된 것으로 국제 표준 규격과 비교하여 인

간공학적 평가에 사용되기에는 다수 부족한 것으로 판명된다. 한국인 인체에 대한 인간공학적 평가를 위해서는 국제 표준 규격의 기준에 맞추어 한국인의 인체 측정자료를 수집하고 DB를 구축하는 것이 필요하다.

5. 결론

한국인의 인체 측정자료는 국민체위조사를 통해 주기적으로 제공되고 있지만, 실제 감성 제품을 설계하고 있는 디자이너들에게 필요한 인체부위들에 대한 측정자료의 부족 및 제공된 자료들에 대한 이해와 통계 데이터의 적용상의 어려움으로 인하여, 어떤 작업을 수행하는데 한계가 있다고 할 수 있다.[5]

- ① 총 23가지의 국제 표준 규격의 자료 중에서 11가지 항목의 자료만이 한국인의 인체 측정자료와 부합하거나 유사하였고, 나머지 12가지 항목의 자료는 부합하는 부분이 한국인의 인체 측정자료에는 존재하지 않았다
- ② 부합하거나 유사한 11가지 항목의 자료 중에 5가지 항목의 자료는 완전히 부합하고, 나머지 6가지 항목의 자료는 각 항목들을 연관시켜 계산해 나가는 방법으로 치수계산이 가능하였다.
- ③ 존재하지 않는 12가지 항목의 자료에 대해서는 한국인의 인체 측정자료의 보완이 필요하다.
- ④ 대체로 한국인의 인체 측정자료가 국제 표준 규격의 측정자료보다 10~20 mm 정도 작은 치수를 가진다.

후 기

본 연구는 과학기술부 선도기술개발 사업비(가상 환경 제시 시스템 구축을 위한 감성 측정 및 평가 지원. M1 9817 01 0003) 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 김진호, 박수찬, 장명현, 김철중, "한국인 인체 측정에 관한 연구," 대한인간공학회지, Vol. 8, No. 1, pp. 19~29, June 1989

- [2] ISO, ISO 15534; Ergonomic design for the safety of machinery, ISO 2000, 2000
- [3] Wesley E. Woodson, Barry Tillman, Peggy Tillman, HUMAN FACTORS DESIGN HANDBOOK, McGraw-Hill Inc., 1981
- [4] 한국표준과학연구원, 국민표준체위 조사 보고서, 국립기술연구원, 1997
- [5] 윤훈용, 정석길, 이상도, 이동춘, "산업디자인을 위한 한국성인의 인체측정 및 인체도형에 관한 연구," IE Interfaces, Vol. 13, No. 1, pp. 120~132, March 2000