

The Development of New Ergonomic Full Body Harness

Daesik Kim¹, Yuchang Kim¹

¹Department of Industrial Management Engineering, Dong Eui University, Busan, 614-714

ABSTRACT

Objective: 본 연구의 목적은 한국 성인 남성복 치수 기준인 KS K 0050의 범위 표시 인체 치수 분류표와 Size Korea의 인체 치수를 참고하여 다양한 근로자 인체 치수에 적합한 인간공학적 전신 안전대를 개발하는 것이다. **Background:** 고용노동부의 2013년 산업재해 분석에 따르면 추락으로 인해 하루 평균 38명이 재해를 입고 이 중 하루 1명꼴로 사망하고 있다. 추락재해 사망률은 2.5%로 전체재해 사망률 2.1% 보다 높다. 추락재해 예방에 효율적인 전신 안전대 개발 시 근로자의 안전성만을 주로 고려하여 근로자가 전신 안전대 착용 시의 편안함과 작업용이성, 다양한 근로자의 인체 치수 등을 고려하지 않고 설계되는 문제점이 있다. 이로 인해 현대 산업사회에서 더욱 다양해진 근로자들 중 인체 치수가 아주 작거나 큰 근로자들은 항상 몸에 착용하여야 하는 전신 안전대가 행동에 방해가 될 뿐만 아니라 근로자들이 착용에 불편함을 느끼며 전신 안전대의 착용을 기피하고 있는 실정이다. **Method:** 남성 40명을 대상으로 11개 인체 부위와 크로스길이를 측정하여 어깨벨트(크로스길이) 설계에 필요한 크로스길이 회귀식을 추정하였다. 그리고 남성 9명을 대상으로 작업복 두께와 허벅지벨트 사선길이를 측정하였다. 마지막으로 한국 성인 남성복 치수 기준인 KS K 0050의 범위 표시 인체 치수 분류표와 Size Korea의 인체 치수를 참고하여 전신 안전대 개발에 필요한 어깨벨트(크로스길이), 가슴벨트(가슴너비), 허리벨트(허리둘레), 허벅지벨트(넙다리둘레)의 치수를 설계하였다. **Results:** 본 연구를 통해 남성용 전신 안전대 M(95) 사이즈는 어깨벨트 170.2cm, 가슴벨트 36.7cm, 허리벨트 113.9cm, 허벅지벨트 73.2cm와 L(100) 사이즈 177.4cm, 39.5cm, 128.2cm, 80.4cm, XL(105) 사이즈 184.3cm, 42.0cm, 141.0cm, 86.9cm로 설계하고 시제품을 제작하였다. **Conclusion:** 본 연구를 통해 전신 안전대 설계에서 중요한 인체 치수요인들을 분석하고 한국 성인 남성복 치수 기준인 KS K 0050의 범위 표시 인체 치수 분류표와 Size Korea의 인체 치수를 참고하여 M(95), L(100), XL(105) 3종류의 남성용 전신 안전대를 개발하였다. **Application:** 한국인 인체 치수를 고려한 인간공학적 전신 안전대는 건설업과 중공업 등에서 전신 안전대를 착용하는 근로자들이 안전성은 물론이며, 좀 더 편하게 작업을 할 수 있게 기여함과 동시에 작업의 효율성도 높일 수 있을 것이라 판단된다.

Keywords: Full Body Harness, Fall Accident, Fall, KS K 0050

1. 서론

추락(墜落)의 사전적 의미는 높은 곳에서 떨어지는 것을 의미하며, 추락재해(墜落災害)는 높은 위치의 장소(현장) 등에서 작업에 종사하고 있는 근로자가 지상 등에 낙하하여 발생하는 재해를 말한다. 고용노동부에서 발표한 2013년 산업재해 분석 자료에 따르면, 우리나라에서 최근 5년간 추락으로 재해를 입은 근로자는 총 69,358명으로 2009년 13,589명, 2010년 14,040명, 2011년 13,745명, 2012년 14,228, 2013년 13,756명이다. 2013년의 경우 추락으로 인해 하루 평균 38명이 재해를 입고 이 중 하루 1명꼴로 사망하고 있다. 2013년 추락사고로 인한 재해자는 총 13,756명으로 전체 재해자의 15.0%를 차지하였으며, 그 중 349명의 사망자가 발생하여 산업재해로 인한 전체 사망자의 18.1%를 차지하는 것으로 나타났다. 추락재해 사망률은 2.5%로 전체재해 사망률 2.1% 보

다 높다(MOEL, 2014). 특히, 건설현장에서 추락으로 인한 사망자는 전체 사고성 사망자의 약 50% 이상을 차지하여 사망사고의 주요 발생형태로 나타나고 있다(KO, 2012). 2003년 ~ 2007년까지 5년간 발생한 1,998건의 추락으로 인한 사망재해 원인을 분석한 결과, 불안정한 상태에 있어서는 보호구 착용 상태 및 성능 불량률이 18.5%를 차지하였고, 불안정한 행동으로는 복장 및 보호 장비의 부적절한 사용이 33.1%를 차지하였다(Ahn, 2009).

안전대란 추락의 위험성이 존재하는 높은 위치의 작업현장에서 사전에 추락재해를 방지하여 근로자의 인체 보호를 목적으로 착용하는 개인 보호구이다. 최근에는 추락 시 충격 하중을 허리가 아닌 전신으로 고루 분산시키고 추락 후에도 호흡을 원활하게 할 수 있는 장점을 가진 전신 안전대로 대체되고 있는 추세이다. 그러나 최근 사용되고 있는 전신 안전대는 인체 부위별 벨트 폭이 비교적 얇은 띠 형상으로 이루어져 있기 때문에 근로자의 추락 시 발생하는 충격을 제대로 흡수하지 못하여 근로자의 어깨와 허리, 허벅지 부위에

벨트에 의한 심한 찰과상이 발생하는 등 근로자의 추락 시 인체에 쉽게 상해를 입히게 되는 문제점이 있다. 또한, 전신 안전대 개발 시 근로자의 안전성만을 주로 고려하여 근로자가 전신 안전대 착용 시의 편안함과 작업용이성, 다양한 근로자의 인체 치수 등을 고려하지 않고 설계되는 문제점이 있다. 이로 인해 현대 산업사회에서 더욱 다양해진 근로자들 중 인체 치수가 아주 작거나 큰 근로자들은 항상 몸에 착용하여야 하는 전신 안전대가 행동에 방해가 될 뿐만 아니라 근로자들이 착용에 불편함을 느끼며 전신 안전대의 착용을 기피하고 있는 실정이다.

현재 국내에서 생산되는 대부분의 전신 안전대는 국내 보호구 업체의 영세성으로 인해 독자적인 연구보다는 외국의 제품 및 사이즈를 참고하여 만드는 수준이다.

따라서 본 연구의 목적은 전신 안전대 설계에서 중요한 인체 치수 요인들을 분석하고, 한국 성인 남성복 치수 기준인 KS K 0050의 범위 표시 인체 치수 분류표와 Size Korea를 참고하여 다양한 근로자 인체 치수에 적합한 인간공학적 전신 안전대를 개발하는 것이다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 남성 40명을 대상으로 11개 인체 부위(키, 어깨너비, 가슴너비, 허리너비, 가슴둘레, 넓다리둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레, 앞은어깨높이, 등길이, 몸통수직길이)와 크로스길이를 측정하여 어깨벨트(크로스길이) 설계에 필요한 크로스길이 회귀식을 추정하였다. 그리고 남성 9명을 대상으로 작업복 두께와 허벅지벨트 사선길이를 측정하였다. 마지막으로 한국 성인 남성복 치수 기준인 KS K 0050의 범위 표시 인체 치수 분류표와 Size Korea의 인체 치수를 참고하여 전신 안전대 개발에 필요한 어깨벨트(크로스길이), 가슴벨트(가슴너비), 허리벨트(허리둘레), 허벅지벨트(넓다리둘레)의 치수를 설계하였다.

2.1 어깨벨트(크로스길이) 사이즈 설계를 위한 회귀식 추정

어깨벨트(크로스길이)를 제작할 때 참고할 수 있는 인체 부위 치수가 KS K 0050과 Size Korea의 인체 치수에 없기 때문에 남성 40명을 대상으로 11개 인체 부위와 크로스길이를 측정하여 어깨벨트(크로스길이) 제작에 필요한 크로스길이 회귀식을 추정하였다.

2.2 작업복 두께 측정

한국 성인 남성복(M, L, XL) 치수 기준인 KS K 0050의 범위 표시 인체 치수 분류표는 피실험자가 알몸인 상태에서 인체 치수가 측정되었다. 그러나 근로자의 작업복 위에 착용하는 전신 안전대의 제품 특성상 작업복의 두께를 고려하여 남성 9명을 대상으로 작업복 착용 전/후의 크로스길이(어깨벨트), 가슴둘레(가슴벨트), 허리둘레(허리벨트), 넓다리둘레(허벅지벨트)의 인체 치수를 3회에 걸쳐 반복 측정한 후, 평균값을 사용하였다.

그리고 작업복 착용 전의 인체 치수와 작업복 착용 후의 인체 치수를 비교하여 작업복 두께 증가량과 증가율을 산출하였으며, 작업복 두께 최대 증가량을 적용하여 작업복 두께를 최종 산출하였다. 작업복 두께의 기준은 근로자들이 작업복을 가장 두껍게 착용하는 동계 작업복 착용을 기준으로 하였다.

2.3 허벅지벨트(넓다리둘레) 사선길이 측정

허벅지벨트(넓다리둘레)를 제작 할 때 참고하는 KS K 0050 기준의 넓다리둘레는 수평 둘레의 치수를 측정하였다. 그러나 근로자가 전신 안전대 착용 시 허벅지벨트가 수평으로 유지되지 않고 사선방향으로 처지기 때문에 피실험자를 대상으로 허벅지벨트의 사선길이를 추가로 측정하였다. 또한, 근로자의 작업복 위에 착용하는 전신 안전대의 제품 특성상 작업복의 두께를 고려하여 남성 9명을 대상으로 작업복 착용 시의 허벅지벨트 수평길이와 사선길이를 측정하였다. 그리고 작업복 착용 시의 허벅지벨트 수평길이와 사선길이를 비교하여 허벅지벨트의 증가율과 증가량을 산출하였으며, 전체 사이즈 중 최대 증가율을 적용하여 허벅지벨트 사선길이를 최종 산출하였다.

허벅지벨트 사선길이는 작업복을 입은 피실험자가 전신 안전대를 자신의 몸에 적합하게 착용한 후 허벅지벨트를 수평으로 착용했을 때의 길이와 사선으로 착용했을 때의 길이를 측정하였다. 그리고 허벅지벨트의 사선길이는 근로자가 허벅지벨트를 사선길이를 조절한 후 착용감과 작업용이성에 아무런 문제가 없을 때를 기준으로 측정하였다.

3. 연구 결과

연구 방법을 통해 남성 어깨벨트(크로스길이) 제작에 필요한 크로스길이 회귀식을 추정하였으며 남성 작업복 두께

와 남성 허벅지벨트 사선길이의 최대 증가율을 측정하였다.

3.1 어깨벨트(크로스길이) 회귀식 추정

남성 40명을 대상으로 측정한 12개 인체 부위(독립 변수: 키, 어깨너비, 가슴너비, 허리너비, 가슴둘레, 넓다리둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레, 앞은어깨높이, 등길이, 몸통수직길이, 종속변수: 크로스길이)의 인체 치수를 이용하여 단계적 회귀 분석(stepwise regression analysis)을 실시하였다. 그리고 어깨벨트(크로스길이)로 인해 상의와 하의가 연결되는 전신 안전대의 특성을 충족시킬 수 있는 성인 남성복 치수(KS K 0050)의 상의(키, 가슴둘레)와 하의(허리둘레)의 기준을 고려하여 회귀식을 추정하였다. 결정계수(R^2)는 91.47%로 나타났으며 추정된 남성 크로스길이 회귀식 및 모형 요약은 표 1과 같다.

표 1. 추정된 남성 크로스길이 회귀식 및 모형 요약

Y = 19.5 + 0.3998 * 키 + 0.644 * 가슴둘레 + 0.1064 * 허리둘레			
S	R-제곱	R-제곱(수정)	R-제곱(예측)
2.13555	91.47%	90.58%	89.59%

3.2 작업복 두께 측정

남성 작업복 두께의 전체 사이즈(M, L, XL) 중 크로스길이의 최대 증가율은 9.5%, 가슴둘레 25.7%, 허리둘레 42.4%, 넓다리둘레 11.9%로 나타났으며 측정 인체 부위별 최대 증가율에 대한 자세한 분석 결과는 표 2와 같다.

표 2. 남성 작업복 두께의 최대 증가율

호칭 (사이즈)	측정 인체 부위	착용 전	착용 후	증가량	최대 증가율(%)
전체 (M, L, XL)	크로스길이	157.5	172.5	15.0	9.5
	가슴둘레	92.0	115.6	23.6	25.7
	허리둘레	75.4	107.4	32.0	42.4
	넓다리둘레	60.4	67.6	7.2	11.9

3.3 허벅지벨트(넓다리둘레) 사선길이 측정

남성 허벅지벨트 사선길이 측정의 전체 사이즈(M, L, XL) 중 허벅지벨트의 최대 증가율은 21.4%로 나타났으며 자세한 분석 결과는 표 3과 같다.

표 3. 남성 허벅지벨트 사선길이의 최대 증가율

호칭 (사이즈)	측정 부위	수평 길이	사선 길이	증가량	최대 증가율(%)
(M, L, XL)	허벅지벨트	68.0	82.5	14.5	21.4

4. 인간공학적 전신 안전대 개발

전신 안전대는 어깨벨트(크로스길이), 가슴벨트(가슴너비), 허리벨트(허리둘레), 허벅지벨트(넓다리둘레)의 4개 부위로 구성되어 있다. 가슴벨트(가슴너비)와 허리벨트(허리둘레), 허벅지벨트(넓다리둘레)의 기본 사이즈 설계는 성인 남성복 치수(KS K 0050)를 참고하여 사이즈를 설계하였다. 그리고 추정된 어깨벨트(크로스길이) 회귀식과 작업복 두께, 허벅지벨트(넓다리둘레) 사선길이를 이용하여 남성 전신 안전대 부위별 사이즈를 설계하였다.

4.1 남성 어깨벨트(크로스길이) 사이즈 설계

추정된 회귀식에 키와 가슴둘레, 허리둘레 치수를 대입하여 산출된 남성 어깨벨트(크로스길이) M(95) 사이즈의 최종 사이즈는 163.4 ~ 170.2cm, L(100) 사이즈의 최종 사이즈는 170.2 ~ 177.4cm, XL(105) 사이즈의 최종 사이즈는 177.4 ~ 184.3cm이며, 남성 어깨벨트(크로스길이) 최종 사이즈의 자세한 내용은 표 4와 같다. 작업복 두께 최대 증가율 9.5%는 작업복 착용 전/후를 비교하여 전체 사이즈 중 어깨벨트(크로스길이)의 최대 증가율(%)이다.

표 4. 남성 어깨벨트(크로스길이) 최종 사이즈

호칭 (사이즈)	어깨벨트(cm) (크로스길이)		작업복 두께(cm) (9.5%)		최종사이즈(cm)	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
M(95)	149.3	155.5	14.2	14.8	163.4	170.2
L(100)	155.5	162.0	14.8	15.4	170.2	177.4
XL(105)	162.0	168.3	15.4	16.0	177.4	184.3

4.2 남성 가슴벨트(가슴너비) 사이즈 설계

가슴너비 호칭별 구간을 이용한 남성 가슴벨트(가슴너비) M(95) 사이즈의 최종 사이즈는 34.2 ~ 36.7cm, L(100) 사이즈의 최종 사이즈는 36.7 ~ 39.5cm, XL(105) 사이즈의 최종 사이즈는 39.5 ~ 42.0cm이며, 남성 가슴벨트(가슴너비) 최종 사이즈의 자세한 내용은 표 5와 같다.

작업복 두께 증가량 23.6cm는 작업복 착용 전/후를 비교하여 전체 사이즈 중 가슴둘레의 최대 증가량(cm)이다. M(95) 사이즈의 작업복 두께 최소 7.4cm와 최대 7.4cm는 M(95) 사이즈의 가슴둘레 최소 85.0cm와 가슴너비 최소 26.8cm의 비율인 31.5%, 가슴둘레 최대 93.0cm와 가슴너비 최대 29.3cm의 비율인 31.5%에 작업복 두께 증가량 23.6cm를 곱하여 나온 수치이다

표 5. 남성 가슴벨트(가슴너비) 최종 사이즈

호칭 (사이즈)	가슴벨트(cm) (가슴너비)		작업복 두께(cm) (23.6cm)		최종사이즈(cm)	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
M(95)	26.8	29.3	7.4	7.4	34.2	36.7
L(100)	29.3	32.0	7.4	7.5	36.7	39.5
XL(105)	32.0	34.5	7.5	7.5	39.5	42.0

4.3 남성 허리벨트(허리둘레) 사이즈 설계

남성 허리벨트(허리둘레) M(95) 사이즈의 최종 사이즈는 99.7 ~ 113.9cm, L(100) 사이즈의 최종 사이즈는 113.9 ~ 128.2cm, XL(105) 사이즈의 최종 사이즈는 128.2 ~ 141.0cm이며, 남성 허리벨트(허리둘레) 최종 사이즈의 자세한 내용은 표 6과 같다. 작업복 두께 증가율 42.4%는 작업복 착용 전/후를 비교하여 전체 사이즈 중 허리벨트(허리둘레)의 최대 증가율(%)이다.

표 6. 남성 허리벨트(허리둘레) 최종 사이즈

호칭 (사이즈)	허리벨트(cm) (허리둘레)		작업복 두께(cm) (42.4%)		최종사이즈(cm)	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대
M(95)	70.0	80.0	29.7	33.9	99.7	113.9
L(100)	80.0	90.0	33.9	38.2	113.9	128.2
XL(105)	90.0	99.0	38.2	42.0	128.2	141.0

4.4 남성 허벅지벨트(넙다리둘레) 사이즈 설계

넙다리둘레 호칭별 구간을 이용한 남성 허벅지벨트(넙다리둘레) M(95) 사이즈의 최종 사이즈는 65.9 ~ 73.2cm, L(100) 사이즈의 최종 사이즈는 73.2 ~ 80.4cm, XL(105) 사이즈의 최종 사이즈는 80.4 ~ 86.9cm이며, 남성 허벅지벨트(넙다리둘레) 최종 사이즈의 자세한 내용은 표 7과 같다.

표 7. 남성 허벅지벨트(넙다리둘레) 최종 사이즈

호칭 (사이즈)	허벅지벨트(cm) (넙다리둘레)		작업복두께(cm) (11.9%)		사선길이(cm) (21.4%)		최종사이즈 (cm)	
	최소	최대	최소	최대	최소	최대	최소	최대
M(95)	48.5	53.9	5.8	6.4	11.6	12.9	65.9	73.2
L(100)	53.9	59.2	6.4	7.0	12.9	14.2	73.2	80.4
XL(105)	59.2	64.0	7.0	7.6	14.2	15.3	80.4	86.9

4. 결론

본 연구는 전신 안전대 설계에서 중요한 인체 치수 요인들을 분석하고, 한국 성인 남성복(KS K 0050) 치수 기준의 범위 표시 인체 치수 분류표를 참고하여 다양한 근로자 인체 치수를 고려한 인간공학적 전신 안전대를 개발하였다.

인체 치수를 고려한 인간공학적 전신 안전대를 개발하기 위하여 문헌조사, 전문가 인터뷰, 전신 안전대 시장조사를 통해 현재 사용되고 있는 전신 안전대의 문제점을 파악하였다. 그리고 선행연구의 고찰과 피실험자를 대상으로 한 예비 인체 측정을 통하여 전신 안전대의 개발 방향을 설정하였다. 그 후 남성 40명을 대상으로 한 인체 측정을 통해 어깨벨트(크로스길이) 회귀식 추정, 남성 9명을 대상으로 한 작업복 두께 측정, 남성 9명을 대상으로 한 허벅지벨트 사선길이 측정을 통하여 남성용 전신 안전대 사이즈를 최종적으로 설계하고 시제품을 제작하였다. 남성용 전신 안전대의 어깨벨트(크로스길이), 가슴벨트(가슴너비), 허리벨트(허리둘레), 허벅지벨트(넙다리둘레)의 각 부위 별 최종사이즈는 최대값을 기준으로 하여 시제품을 개발하였다.

본 연구를 통해 개발된 남성용 전신 안전대 M(95) 사이즈는 어깨벨트 170.2cm, 가슴벨트 36.7cm, 허리벨트 113.9cm, 허벅지벨트 73.2cm이며 L(100) 사이즈 어깨벨트 177.4cm, 가슴벨트 39.5cm, 허리벨트 128.2cm, 허벅지벨트 80.4cm, XL(105) 사이즈 어깨벨트 184.3cm, 가슴벨트 42.0cm, 허리벨트 141.0cm, 허벅지벨트 86.9cm이다. 남성용 전신 안전대 최종 사이즈와 착용 모습은 표 8, 그림 1과 같다.

Table 8. 남성용 전신 안전대 최종 사이즈

구분	어깨벨트 (크로스길이)	가슴벨트 (가슴너비)	허리벨트 (허리둘레)	허벅지벨트 (넙다리둘레)
M(95)	170.2cm	36.7cm	113.9cm	73.2cm
L(100)	177.4cm	39.5cm	128.2cm	80.4cm
XL(105)	184.3cm	42.0cm	141.0cm	86.9cm



그림 1. 남성용 전신 안전대 착용모습

본 연구에서는 현재 근로자들이 사용하고 있는 전신 안전대의 사이즈 불편 문제점을 해결하기 위하여 한국 남성의 인체 치수를 고려한 인간공학적 전신 안전대를 제안하였다. 인체 치수를 고려한 인간공학적 전신 안전대는 건설업과 중공업 등에서 전신 안전대를 착용하는 근로자들이 안전성은 물론이며, 좀 더 편하게 작업을 할 수 있도록 기여함과 동시에 작업의 효율성도 높일 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 남성용 전신 안전대 3종류 M(95), L(100), XL(105)이 개발되었다. 추후 연구를 통해 전신 안전대 사용자 중 소수에 해당되는 남성 XL(105) 이상의 근로자들도 착용할 수 있는 특대 사이즈 전신 안전대를 개발하여야 할 것이다. 또한 개발한 전신 안전대 착용 시의 안전성과 편안함, 작업용이성 등을 고려한 인간공학적 전신 안전대 평가 체계가 개발되어야 할 것이다.

참고문헌

- Ahn, H. S., "Fall from Height Prevention and Risk Control Effectiveness", Occupational Safety & Health Research Institute, 2009.
- Korean Agency for Technology and Standards, "Sizing systems for male adult's garments -KS K 0050", Korean Standards Association, 2009.
- Korean Agency for Technology and Standards, "Garment construction and anthropometric surveys - Body dimensions-KS A ISO 8559", Korean Standards Association, 2008.
- Ko, Y. W., Kim, D. R., Cho, J. H., Kang, K. S., "Investigation & Analysis About Fatalities of Falls from Height at Construction Work", Journal of the Korea Safety Management & Science, 14(3), 2012.
- Ministry of Employment and Labor, 2013 Industrial Accident Examination, 2014.
- Ministry of Employment and Labor, 2012 Industrial Accident Examination, 2013.
- Ministry of Employment and Labor, 2011 Industrial Accident Examination, 2012.

Ministry of Employment and Labor, 2010 Industrial Accident Examination, 2011.

Ministry of Employment and Labor, "2009 Industrial Accident Examination", 2010.