

## 한국인의 신체특성과 표준 안전간극 및 안전거리

### Anthropometry of Korean People and Safety Reach Standards

김 주 홍\* · 김 동 하\* · 임 현 교\*\*

Joo-Hong Kim · Dong-Ha Kim · Hyeon-Kyo Lim

#### ABSTRACT

Elimination of dangerous points is the most effective method for safety in mechanical equipments. The next effective method is recognized as isolation and/or safe-guarding of dangerous spots from human beings.

With progress of mechanical automation technique such as industrial robots, the need for safe-guarding is now being enlarged. It is needless to say that when a machine-guard is designed and installed, a comprehensive understanding of human movement is indispensable.

But in this country, there is no scientific for those them, and no one verifiend whether it is valid to apply general guideline such as OSHA's to Korean or not. Further, basic anthropometric items for safety reach standards are neither availble nor included in nation-wide anthropometry project.

In this research, human anthropometry data of Korean youngsters are analyzed for safety barrier and safety slit width, and compared with guidelines of other countries-Germany, United Kingdom, Japan, and USA. Though they are standards for safety, since they are based upon their own peoples' data, some of them especially foot reach are not not applicable in this country. It should be notified that careful application of numeric value is very important.

#### 1. 서 론

생산성의 향상과 신뢰받는 품질은 고도로 발달된 기계의 덕택이다. 그러나, 한편으로 기계의 엄청난 동력으로 인한 재해는 피해 당사자는 물론 그 가족

과 사회에 큰 교통과 경제적 손실을 가져오므로 보다 과학적인 안전확보 방법이 필요하게 된다.

안전을 확실히 확보하는 최선의 방법은 불안정한 기계요소를 제거하는 것이지만 이것은 작업의 특성상 완전히 없애기는 불가능하다. 안전을 확보하기 위한 또 다른 방법으로는 기계로의 불필요한 접근

\* 충북대학교 대학원 산업안전공학과

\*\* 충북대학교 산업안전공학과

을 막는 방법뿐이나, 유지·정비·보수 기타 여러가지 운용상의 문제 때문에 인간의 기계접근은 불가피하다. 따라서 기계 위험 부위에 방호장치를 설치하는 것이 현실적인 방법인데, 부적절하게 설치된 방호장치는 안전을 기하기 어렵고 생산성마저 하락시키게 된다.

현재 우리나라에는 책임있는 기관의 공식적 추저안이 없이 독일의 DIN, 영국의 BS, 미국의 OSHA, 그리고 일본의 제안등이 그대로 통용되고 있어 우리나라 작업자의 신체특성에 적합한 자료인지의 문시되므로, 본 연구에서는 인체계측을 통하여 그 적용 타당성과 문제점을 파악, 고찰하고자 하였다.

## 2. 연구방법

위험점이란, 근로자의 신체일부가 위험한 기계장치의 노출부에 도달하여 상해를 입을 수 있는 곳을 말하는데, 위험 기계장치로 인한 상해의 대부분은 이 위험점에 신체 일부를 부주의하게 접촉하거나 밀어넣어 발생된다. 이를 예방하기 위해서는 적합한 방호장치를 설계·제작·설치하여야 하며 특히 상해를 많이 입는 부분은 손 부위이므로 이에 대한 인체계측이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 방책의 안전거리를 설정하기 위해서 손끝과 발끝의 최대 접촉거리(maximal reach distance)를 파악하였고, 安全間隙(slit width)을 설정하기 위해서 손의 두께 및 前腕(forearm) 굵기를 측정하였다.

측정의 효율화를 도모하기 위하여 측정에 필요한 장비는 직접 제작하였고 기본적인 靜的 인체계측은 Martin-Type Anthropometer(TKK 1214A)를 사용하였다.

### 2.1 안전간극

20대의 신체 건강한 남자 대학생 50명을 대상으로 Fig. 1과 같은 장치를 이용하여 손의 두께와 前腕굵기를 계측하였다. 삼입 도달거리는 작업시에 주로 사용하는 오른손을 택하여 안전 간극으로부터 중지 끝까지의 길이를 측정하였다. 계측 간격은 도달거리를 기준으로 0.5cm, 1cm, 내지 5cm 간격으로 하였으며, 계측시 피실험자는 옷을 벗고 전완하박을 평면에 밀착시켜 오차를 최소화 하도록 하

였다.

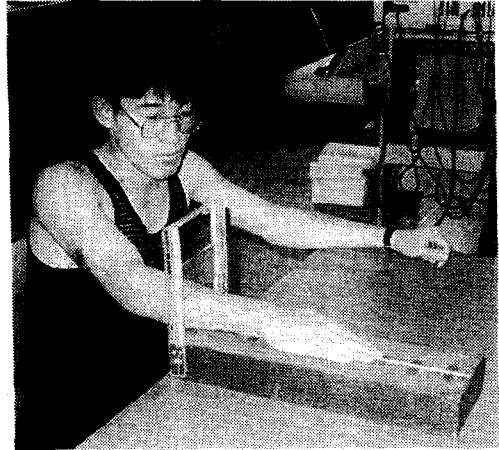


Fig. 1 Measurement of slit width and reach

### 2.2 손끝 도달거리

최대 도달거리를 측정하는 방법에는 여러가지가 있는데, 본 연구에서는 제작과 계측이 간편하면서도 효율적인 Fig. 2의 多採針測定法(Multiple Probe Method<sup>3)</sup>)을 이용하였다.

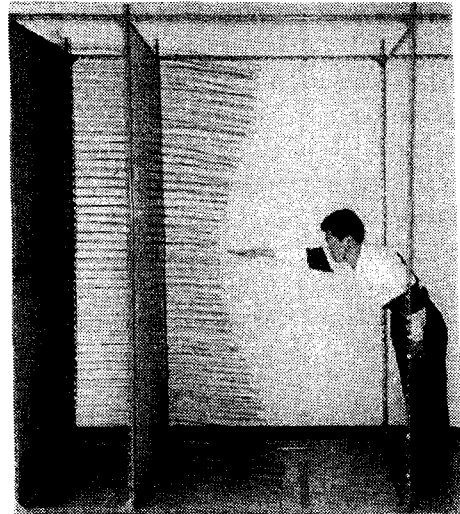


Fig. 2 Multiple probe method for reach measurement

측정대상은 앞서 실험에 참가한 피실험자 25명을 대상으로 하였으며, 침봉의 간격은 10cm, 보호대

(guard rail)는 100cm 높이에서 200cm까지 20cm씩 높혀가며 손과 팔을 최대로 뻗어서 밀려나는 침봉의 길이를 계측하였다.

### 2.2 발끝 도달거리

피실험자는 앞의 실험에 참여하지 않은 신체 건강한 20代 대학생 25명이었고, 실험전에 발길이, 발목높이, 마루-대퇴골 높이, 신장 등을 계측하였다.

최대 도달거리는 Fig. 2의 기구를 사용하여 보호대 높이를 10cm 높이에서부터 100cm까지 10cm 간격으로 높혀가면서 버팀대(brace)없이 도달할 수 있는 최대 도달거리를 측정하였다.

## 3. 고 찰

최대 허용간극은 보호대에서 위험점까지의 도달 거리에 좌우되는데, OSHA Standard Section 1910.217과 American National Standard B. 11. 1. 은 작업점의 방호를 위하여 기계 방호원칙과 안전간극 표준을 제시하였다<sup>7)</sup>.

또한, 深谷潔·杉本旭<sup>8)</sup>은 평행 개구부의 안전간극을 현장직과 사무직, 미성년과 성년, 학생과 직장인 등의 신체특성 차이를 기준으로 5개 집단으로 구분, 고찰함으로써 현장 적용 가능성을 높였다. 이 연구결과에 따르면 남자 대학생 집단의 도달거리가 가장 길다고 하였으므로 본 연구의 결과를 한국인의 안전간극을 설정하는 기초 자료로 사용하는 데에는 무리가 없다고 판단된다.

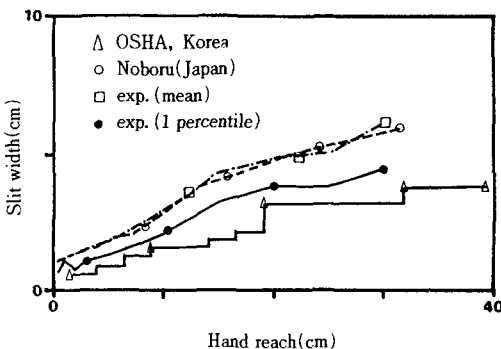


Fig. 3 Comparison of slit width and safety reach

현재 우리나라에서 적용하고 있는 안전개구부 간극은 Fig. 3에서 보느바와 같은데, 이는 OSHA의 규정을 그대로 원용하고 있는 것이며, 이외의 외국 규정은 국내에 소개된 바가 거의 없는 듯 하다.

일반적인 설계에 사용되는 측정치수의 백분위수(percentile)는 5 percentile 이지만, 안전이라는 분야에서는 그 사안의 중대성에 비추어 볼 때 1 percentile을 이용하는 것이 더 바람직하다고 생각되어 Fig. 3에 표시하였다.

이 그림에 따르면 한국인 남자 대학생들의 평균 팔 두께가 일본 대학생들(1984) 보다 굵으며, 1 percentile 값인 mean-3 s. d. 값도 OSHA의 기준보다 커서 OSHA 규정을 원용하여도 무방하다.

손끝 도달거리의 파악에 있어 일본인의 체위는 한국인과 비슷하다고 하여 일본의 규격을 원용하여도 된다고 생각하기 쉬우나, 예를 들어 Fig. 4를 보면 본 실험에서 측정된 95 percentile 값(mean+2 s. d.) 조차도 일본인의 안전거리 표준화안(95 percentile)을 상회하는 경우가 있음을 나타내고 있어 일본의 규정도 한국에 적용하기에는 곤란하다는 사실을 입증한다. 평균치만 기준으로 한다면 DIN이나 BS 규격도 안전해 보이나 '안전거리'라는 목적에서 고려되어야 할 99 percentile의 경우에는 mean+3 s. d.가 되어 더욱 위험하다는 사실에 주목해야 한다.

그러나 계측대상이 50명으로 비교적 소수였던 까닭에 편차가 크다는 사실은 간과할 수 없다. 계측대상 표본수가 증가하면 더욱 신빙성이 있는 자료를 얻을 수 있을 것이다.

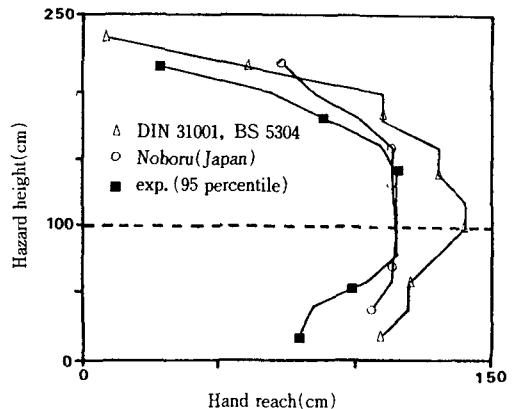


Fig. 4 Comparison of hand reach (barrier height 100cm)

일반적으로 보호대 아래의 발끝 도달거리는 股關節(hip joint) 높이, 보호대 높이, 발 크기, 보호대와의 접근거리의 함수이다<sup>1)</sup>. 動的인 운동 상황에서 피실험자가 무릎이나 신체의 다른 關節을 굽히게 되면 도달거리가 증가하는데, 뒷방향으로 밀어 넣을 때 역시 무릎관절을 약간만 구부려도 앞방향이나 옆방향으로 밀어 넣을 때보다 멀리 도달한다. 그러므로 선 자세에서 앞방향이나 옆방향으로 밀어 넣을 때에는 다리를 곧게 유지할 때 가장 멀리 도달하고, 뒷방향으로의 도달거리는 下退(lower leg)전체가 보호대 아래에 들어갈 수 있는지의 여부에 좌우된다.

Bottoms와 Butterworth<sup>1)</sup>는 피실험자를 키가 큰 집단과 작은 집단으로 나누고 다리를 밀어넣는 방향도 앞, 뒤, 옆 방향의 세 가지로 측정하였다. 그 결과 앞방향과 옆방향으로의 도달거리는 거의 같고, 뒷방향으로의 도달거리가 가장 멀었다. 또한 키가 작은 집단의 피실험자들이 더 멀리 도달했는데, 그 이유는 키가 작은 집단은 다리길이가 짧아 股關節의 위치가 낮고, 지지하는 다리와 밀어넣는 다리의 각도가 증가하여 결과적으로 키가 큰 집단보다 멀리 도달하기 때문이라고 설명하였다.

Fig. 5는 Bottoms와 Butterworth가 제시한 세 방향의 99.5percentile 도달거리 값과 본 연구결과 계산된 99.5 percentile 값을 나타낸 것이다. 그림중 측정치들의 일부가 원호를 구성하지 못하고 함몰부분이 있는 것은 자세가 불안정하게 되어 발의 도달이 용이하지 않기 때문이다.

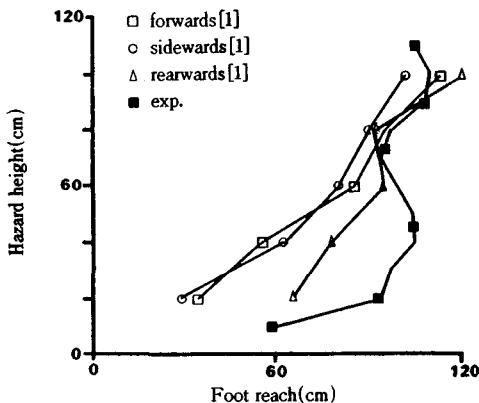


Fig. 5 Comparison of foot reach

이 결과를 살펴보면 한국인의 앞방향 발끝 도달거리가 더 크다는 것을 알 수 있다. 즉, 한국인의 신체가 영국인 보다 작아, 키가 작은 집단이 더 멀리 도달한다는 Bottoms와 Butterworth의 설명과 일치한다. 결과적으로 키가 큰 외국인에 비해 한국인의 손끝 도달거리는 짧고 발끝 도달거리는 길다고 할 수 있다. 따라서 발 보호대를 설치할 때 영국 등의 자료를 사용함은 위험하므로 한국인의 인체 측정을 기초로 국내 기준을 설정, 적용함이 바람직하다. 그러나 사안이 이렇게 중대함에도 불구하고 국내의 기준은 물론 외국 자료도 소개된 바가 거의 없음은 매우 안타까운 일이다.

우리나라에서는 평균 10년을 주기로 대규모의 국민체위 조사연구를 하고 있는데, 측정항목은 120여 개나 되지만 상품 생산을 위한 측정항목이 대부분으로 안전간극이나 안전거리, 방책높이 등 작업자의 안전을 위한 측정항목은 하나도 포함되지 않는 실정이다. 더구나 계측방법이 사진촬영법을 이용한 靜的計測法이므로 현장에서 필요로 하는 기능적 신체치수(functional dimension)와는 거리가 멀어 적용 가치가 반감된다. 따라서 관련 분야의 관심이 더욱 집중, 증대되어 안전분야에 적용할 수 있는 계측자료들이 축적되어야 하며 아울러 국가적인 책임기관에 의해 우리나라 실정에 맞는 표준안이 제시되어야 한다.

#### 4. 결 론

안전에 관한 관심이 날로 증대되고는 있으나, 기초적인 기술자료 조차 제대로 소개되지 못하고 있는 것이 우리의 현실이다. 외국의 기술자료 혹은 안전규정을 우리나라에 적용하는 데에 문제점은 없는가를 살펴보기 위해 본 연구에서는 신체 건강한 남자 대학생들을 대상으로 안전간극과 방책의 설계에 필요한 신체치수를 측정하였으며, 국내에 소개된 여러나라의 표준과 비교하였다.

우리나라에서 통용되고 있는 안전간극에 대한 OSHA 기준은 남자 대학생의 1 percentile 적용시에도 문제가 없어 국내 적용에 무리가 없다고 판단되었다.

손끝 도달거리를 고려한 안전방책 국내 기준은 전무한 상태인데, 독일의 DIN 규격이나 영국의 BS 규격을 전용하는 데에는 몇가지 문제점이 지적

되었다. 측정 대상집단의 평균값을 기준으로 비교하면 DIN, BS 규격 모두 적합하지만, '안전거리'라는 목적에서 99 percentile을 기준으로 비교하면 국내에 적용하는 데에는 불안전하였다.

더우기 발끝 도달거리의 경우에는 키가 큰 외국인보다 한국인의 도달거리가 더 커서 새로운 국내 기준의 설정이 시급하다고 판단되었다.

안전간극이나 안전방책의 설계에 관한 관련 인체 척수가 국내의 국가적인 대규모 국민체위 조사에도 포함되어 있지 않은 현실에 대해, 안전인들의 반성과 관계인들의 분발을 촉구한다.

### 참 고 문 헌

- 1) Bottoms, D. J., and Butterworth, D. J., "Foot reach under guard rails on agri-cultural machinery", *Applied Ergonomics*, Vol. 21, No. 3, pp. 179~186, 1990.
- 2) Gedliozka, A., "The Shape of Workspace Data Transformation on a Model Basis", *Applied Ergonomics*, Vol. 8, No. 1, pp. 31~34, 1977.
- 3) Roebuck, J. A., Kroemer, K. H. E., and Thomson, W. G., *Engineering Anthropometry Methods*, Jonh Wiley & Sons, Inc., 1975.
- 4) Thompson, D., and Booth, R. T., "The Collection and Application of Anthopo-metric Data for Domestic and Industrial Standards", in *Anthropometry and Biomechanics: Theory and Application*, edited by Easterby, R., Kroemer, K. H. E., and Chaffin, D. B., Plenum Press, pp. 279~291, 1982.
- 5) Thompson, D., "Reach Distance and Safety Standard", *Ergonomics*, Vol. 32, No. 9, pp. 1061~1076, 1989.
- 6) DIN 31 001 part 1 : Safety Device, 1976.
- 7) OSHA Standard Section 1910.217 via Greenberg, L., and Chaffin, D. B., *Workers and Their Tools*, Pendell Publishing Co., pp. 95~104.
- 8) 須藤清二, "機械の安全カバーと人間", *安全工学*, Vol. 8, No. 1, pp. 35~39, 1969.
- 9) 深谷潔·杉本旭, "日本人の身體計測と安全カバーの標準化", *産業安全研究所 技術資料*, 労働省産業安全研究所, RIIS-TN-84-4, 1984.
- 10) 허문열 외, "산업의 표준치 설정을 위한 국민체위 조사연구", 한국과학기술연구소, 1980.
- 11) 노동부 국립노동과학연구소, "위험기계기구방호장치 활용성연구", 1988.
- 12) 노동부 국립노동과학연구소, "기계기구제조업종의 안전작업", 1988.