

눈움직임을 이용한 프레스작업의 안전성 평가에 대한 연구

Safety Evaluation of Press Operation using Eye Movement

박 경 수*·김 유 창**
Kyung-Soo Park · Yu-chang Kim

ABSTRACT

This paper presents an experiment which examines eye movement characteristics of novice and experienced workers in the press operation.

Significant difference between the novice and the experienced workers was observed in fixation time, eye movement patterns, and spatial distribution of fixations when the top die hits the bottom die. There were no significant difference between the novice and the experienced workers in eye movement time.

The results could be used to set up a guide to train the novice workers and to determine how long the novice should be trained.

1. 서 론

한국에서 산업재해를 분석하여 보면 '93년 한국에서 4일이상 요양을 요하는 재해자가 90,288명 발생하였으며, 산업재해로 인한 경제적 손실액은 4,362,655백만원으로 추정되며 매년 증가하고 있다. 산업재해를 발생시키는 원인이되는 기인물중 프레스 및 전단기가 차지하는 비중이 18.7% 로 가장 높아 프레스 기계의 안전성에 대한 연구가 시급한 실정이다. 지금까지 기계자체에 대한 연구는 많이 되어 있으나 인간의 작업방법에 대한 연구는 전무

한 형편이다.

'93년 재해자 90,288명중 51.9%가 근속기간이 6개월미만이고 9.9%가 6개월~1년이다. 즉, 재해자의 61.8%가 작업장에서 1년미만 근무한 초보자임을 알 수 있다. 따라서 한국에서의 산업재해는 대부분 충분한 훈련을 받지않은 근로자가 산업현장에 배치되어 작업을 하다가 사고를 당하는 경우이다. 따라서 충분한 교육과 훈련을 하고 작업에 배치하면 재해를 60%이상을 감소시킬 수 있다고 생각된다. 특히 재해가 많이 발생하는 프레스등과 같은 위험기계 작업자는 16시간이상을 교육받도록

* 한국과학기술원 산업공학과

** 충남전문대학 산업안전과

산업안전보건법에 규정되어 있으나 대부분 이론적인 안전교육에 치중하고 있으며, 각 위험기계마다 특성과 위험도가 다름에도 불구하고 일률적인 교육시간을 적용하고 있는 형편이다. 따라서 초보자와 숙련자를 구별할 수 있는 평가방법을 개발하여 작업자에게 알맞은 훈련기간을 설정하여 최적의 작업방법을 교육시키는 것이 필요하다.

프레스작업과 같은 위험작업은 계속적인 시각작업을 필요로 하며, 작업을 안전하고 효율적으로 하기 위해서는 시각정보가 적절한 순서로 들어와야 하며 빠르게 처리되어야 한다. 이러한 이유 때문에 눈움직임을 이용한 작업평가에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 눈움직임을 이용한 작업평가방법은 머리 움직임을 보정한 눈움직임을 보정한 눈움직임 측정장치가 없기 때문에 머리를 움직이지 않은 검사작업, VDT작업에 대한 연구는 Megaw(1973), Yamamoto(1992) 등에 의해 연구되어졌다. 그러나 측정장비의 부족과 분석에 많은 시간과 노력이 소요되기 때문에 산업기계의 작업방법에 대한 눈움직임을 이용한 평가방법에 대해서는 거의 연구가 되어 있지 않다. 다만 시각작업이 많고 중대한 재해를 발생시키는 자동차, 비행기 운전작업에 대한 연구가 최근 Robinson(1972), Saito(1990) 등에 의해서 행해 졌다.

본 연구는 눈움직임을 이용하여 초보자와 숙련자를 구별할 수 있는 모수(parameter)를 찾아내어 최적의 생산능률과 안전하게 작업할 수 있도록 근로자들의 교육 및 훈련에 이용될 수 있게하며 교육 훈련기간 설정에 도움을 주고자 한다.

2. 실험방법 및 실험장치

2.1 실험계획

피실험자는 안경을 쓰지 않은 초보자 5명과 숙련자 5명을 선발하여 실험하였다. 초보자는 20세 가량의 대학생이며 프레스는 책에서 배워 알고 있으나 기계를 사용해본 경험은 전혀 없으며 숙련자는 프레스작업경력이 평균 5년이며 각 숙련자는 최소한 2년 이상의 경험이 있다. 각 피실험자는 성형작업(forming operation)을 15분 연습하고 3분간 본 실험을 실시하였다.

2.2 실험장치

Fig. 1과 같은 실험장치를 구성하여 Eye camera system의 Scene monitor에 나타난 프레스 기계의 주시점을 VTR에 녹화하여 프레임분석을 행하였다.

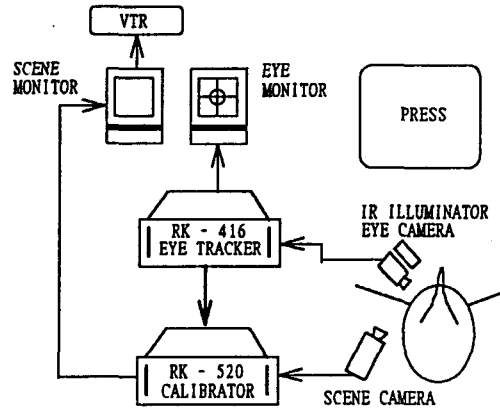


Fig. 1 Sematic diagram of the system

2.2.1 프레스(PRESS)

프레스는 2개 이상의 서로 대응하는 금형을 사용하여 그 금형사이에 금속등의 가공재료를 넣고 가공재료를 강한 힘으로 압축시킴에 의해 굽힘, 드로잉, 절단, 천공 등을 하는 기계이다. 본 실험에 쓰인 프레스는 1톤 짜리 기계식이며 안전장치는 손쳐내기식 장치 뿐만아니라 조작을 양수로 동시에 하지 않으면 기계가 가동하지 않는 양수조작스위치를 구비하였다.

2.2.2 아이 카메라(EYE CAMERA SYSTEM)

본 실험에 쓰인 아이 카메라 시스템(eye camera system)은 ISCAN社에서 만들어진 제품으로 동공의 크기(pupil size), 눈 움직임(eye movement), 눈의 주시점(eye point-of-regard)등을 분석할수 있다. 이 시스템은 NTSC 방식에서는 60Hz 샘플링을 할 수 있으며 시각(visual angle)이 $\pm 15^\circ$ 에서 $\pm 20^\circ$ 내에서는 1° 의 정확성을 가진다. 이 시스템은 실험중에 피실험자의 작은 머리 움직임을 자동적으로 보정하여 주며 또한 안경이나 콘택트렌즈를 착용하여도 좋은 시스템이다.

3. 실험결과 및 고찰

눈의 주시점이 분석하는 부위에 머무르는 시간과 각 부위사이를 이동하는 시간을 측정하며 이를 근거로 한 여러 변수들을 이용한다.

3.1 눈의 머문시간

눈이 머문시간을 분석하여 보면 Fig. 2와 같이 숙련자는 재료용기에서 평균 0.84초, 표준편차 0.54초 금형에서 평균 1.17초, 표준편차 0.76초 정도 머물렀으며 초보자는 재료용기에서 평균 0.89초, 표준편차 0.53초 금형에서는 평균 2.03초 표준편차 1.16초 정도 머무른다. 이 자료를 Mann-Whitney U Test를 행하여 보면 숙련자와 초보자는 재료용기에서 머문시간의 평균과 표준편차는 유의하지 않으나 금형에서의 머문시간의 평균($P < 0.0079$)과 표준편차($P < 0.0159$)는 유의하다. 따라서 재료용기에서 머문시간의 평균과 표준편차는 숙련자와 초보자가 다르지 않으나 금형에서 머문시간의 평균과 표준편차는 숙련자가 초보자보다 짧다고 할 수 있다. Wierwille(1985)는 정신부하가 높으면 눈의 머문시간이 증가한다고 주장하였는데 이는 중요한 부위는 많은 정보를 처리하기위해 좀더 오랫동안 머무른다는 것이다. 따라서 모든 작업자에게 재료용기보다는 금형이 더 중요한 부위임을 알 수 있으며, 숙련자는 초보자보다 프레스에 대한 정보를 더 많이 갖고 있기 때문에 금형에

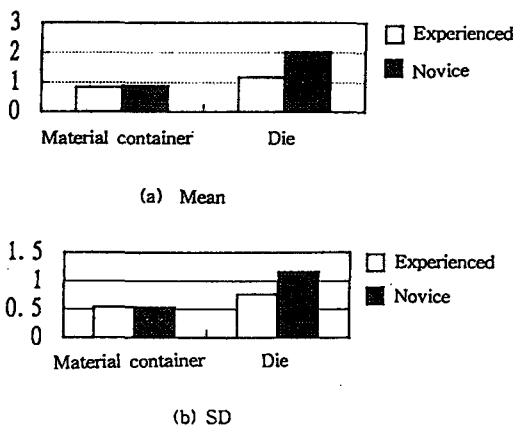


Fig. 2 Mean and SD of fixation time for novice and experienced workers

서 머문시간이 초보자보다 짧다고 생각된다.

3.2 눈의 이동시간

눈의 이동시간을 분석하여 보면 숙련자는 재료용기에서 금형까지의 이동시간이 평균 0.30초이며 금형에서 재료용기까지의 이동시간이 0.33초이고 초보자는 재료용기에서 금형까지의 이동시간이 평균 0.26초 이며 금형에서 재료용기까지의 이동시간이 0.27초이다. 이 자료를 Mann-Whitney U Test 를 행하면 유의수준 0.05에 유의하지 않다. 즉 눈의 이동시간은 숙련자와 초보자사이에 차이가 없다고 말할 수 있다.

3.3 눈의 움직임 패턴

제품이 한개 만들어 지는 주기당 눈움직임의 숙련자와 초보자의 패턴은 Table 1과 같으며 이 자료를 Mann-Whitney U Test 를 행하면 유의수준 0.05에 재료용기→금형 패턴은 유의하지 않으며 재료용기→금형→금형 패턴($P < 0.095$)과 재료용기→금형→재료용기→금형 패턴($P < 0.015$)은 유의하다. 따라서 숙련자는 재료용기→금형→재료용기→금형 패턴이 많고 초보자는 재료용기→금형→금형 패턴이 많음을 알 수 있다. 이는 숙련자는 편치와 금형이 만나는 순간, 즉 제품이 만들어지는 순간을 보기전에 다음 작업을 위하여 재료용기를 보는 경향이 초보자보다 많기 때문으로 생각된다.

Table 1 Eye movement patterns for novice and experienced workers

Eye movement patterns	Experienced	Novice
Material container→Die	55.3%	56.7%
Material container→Die→Die	9.1%	29.9%
Material container→Die→Material container→Die	28.1%	6.3%
The others	7.5%	7.1%

3.4 상형과 하형이 만날때 주시점의 공간분포

상형과 하형이 만나는 순간, 즉 제품이 만들어지는 순간이 프레스 작업에서 가장 위험한 순간이다. 이 위험한 순간의 숙련자와 초보자의 주시점은 Table 2와 같으며 이 자료를 Mann-Whitney U Test 를 행하면 재료용기($P < 0.056$), 금형($P < 0.$

0317)에서 유의하다. 이는 상형과 하형이 만나는 순간에 숙련자는 재료용기에 초보자는 금형에 보다 더 주시하고 있는 것을 알 수 있다.

Table 2 Spatial distribution of fixation for novice and experienced workers when the top die hits the bottom die

Press region	Experienced	Novice
Material container	50.3%	11.8%
Die	27.7%	76.9%
Material container→Die	16.1%	8.0%
The other	5.9%	3.3%

4. 결 론

한국에서는 날로 발전하는 산업사회의 산업시설 및 위험기계가 증가함에 따라 산업재해가 증가하고 그 피해액도 점차 확대되어 가고 있는 실정이다. 이러한 산업재해는 우리나라의 국력손실은 물론 귀중한 인명까지도 앗아가고 있다. 또한 한국이 세계 1위의 산업재해 국가라는 오명을 없애기 위해서도 산업재해를 획기적으로 줄일 수 있는 연구가 필요하다.

'93년 한국에서 발생한 산업재해의 원인을 기술적원인(42.3%), 교육적원인(44.8%), 작업관리상원인(11.9%)으로 나눌 수 있는데 교육적 원인이 가장 높음을 알 수 있다. 따라서 위험기계의 고장을 예방하는 연구보다는 어떻게 안전하고 효율적인 작업방법을 교육시키고 평가 할 것인가에 대한 연구가 재해예방에 많은 도움이 될 것이다.

본 연구는 눈움직임을 이용하여 초보자와 숙련자를 구별할 수 있는 모수(parameter)를 찾아내어 최적의 생산능률과 안전하게 작업할 수 있는 작업방법을 평가할 수 있도록 할 뿐 아니라 작업자들의 교육 및 훈련에 이용될 수 있게하며 교육훈련기간 설정에 도움을 주고자 한다. 본 연구결과는 산업안전공단등과 같은 산업안전교육기관등에서 시각모의장치(visual simulator)를 사용함으로써 초보자들이 작업에 투입되기전에 충분한 시각정보를 얻을 수 있는지 평가할 수 있을 것이다. 또한 프레스

기계뿐만 아니라 로올러기, 선반등과 같은 위험기계에도 같은 연구방법을 적용할 수 있어 그 응용범위가 많을 것으로 생각된다.

이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- 1) E. D. Megaw and J. Richardson, Eye movement and industrial inspection, Applied Ergonomics, Vol. 10 No. 3, pp. 145~154, 1979.
- 2) F. Hella, M. Tisserand and J. F. Schoula, Analysis of eye movement in different tasks related to the use of lift trucks, Applied Ergonomics, Vol. 22 No. 2, pp. 101~110, 1991.
- 3) Gordon H. Robinson, Visual search by automobile driver, Human Factors, Vol. 14, pp. 315~323, 1972.
- 4) Mourant, R. R., and Rockwell, T. H., Strategies of visual search by novice and experienced driver, Human Factors, Vol. 14, pp. 325~335, 1972.
- 5) Sakae Yamamoto and Yoshinori Kuto, A method of evaluating VDT screen layout by eye movement analysis, Ergonomics, Vol. 35, No. 5, pp. 591~606, 1992.
- 6) Shinar, D., Mcdowell, E. D., and Rockell, T. H., Eye movement in curve negotiation, Human Factors, Vol. 19, pp. 63~71, 1977.
- 7) Stephen R. Ellis and Lawrence Stark, Statistical Dependency in Visual Scanning, Human Factors, Vol. 28, pp. 421~438, 1986.
- 8) Yasuko Itoh, Yoshio Hayashi, Ippei Tsukui and Susumu Saito, The ergonomic evaluation of eye movement and mental workload in aircraft pilots, Ergonomics, Vol. 33, No. 6, pp. 719~733, 1990.