

# 화상처리 기법을 응용한 동력 프레스 작업의 근원적 안전 확보

## Fundamental Safety Acquisition using Image Processing Techniques for Accident-free Power Press Works

임 현 교\*  
Hyeon-Kyo Lim

### ABSTRACT

In spite of a tendency automatizing manufacturing processes, since power presses are highly repetitive at high speeds, they have still been using to a large extent in many industries.

More often than not, press workers have to make decisions whether work materials are located well or not, they should rearrange them or not, and their bodies would be safe or not. If the decision would be wrong, of course, they cause severe damages to human workers so that many workers haven't been willing to work with them.

However, with the help of computer technologies, it would be possible to aid the press workers' decisions, and to allow or prohibit them from inserting their hands between slide rams and dies.

Thus, this research was aimed to evaluate and analyze possibilities of applying Image Processing Techniques for prevention of press accidents. Through a series of procedures including Capturing work sites and material, Image Enhancement, Contouring, and Edge Finding, work characteristics were obtained and analyzed.

The results showed that there were somewhat differences in image characteristics between accident-induced work scenes and accident-free ones. Consequently, if the image analyses are well carried out in real time, they would give a successful help to human press workers.

### 1. 서 론

동력 프레스는 가공속도가 빠르고 품질이 안정

되어서 작업자의 숙련도를 필요로 하지 않기 때문에 다양한 형태의 제품을 효율적으로, 또 경제적으로 생산하기 위한 생산수단이며, 따라서 자동화

---

\* 충북대학교 공과대학 안전공학과

생산기술이 날로 보급되고 있음에도 불구하고 19세기 산업혁명 당시 처음 발명된 이후 오늘날까지 끊임없이 이용되고 있다<sup>1)</sup>.

그러나 한편으로는 연간 산업재해 발생 건수의 27%를 차지하는 각종 동력기계들중 동력 프레스가 62%로 대부분을 점유한다는 사실도 결코 간과되어서는 안 된다.

프레스 작업에서의 안전사고는 금형의 설치, 제거, 조정 등의 준비작업중에 발생하는 것과, 가압(加壓), 성형(成形) 등의 가공중 및 재료의 공급, 제거 등의 가동에 부수되는 작업중에 발생하는 것도 있지만, 그 주종은 역시 작업도중에 발생하는 것으로, 작업자가 프레스 상하 양면에 금형을 설치하는 도중, 또는 정상작업 도중 부적합한 작업 재료물의 위치를 조절하기 위해 손을 넣는 순간 슬라이드 램(slide ram)의 하강으로 인해 발생한다<sup>2,3)</sup>.

신체가 닿지 못하도록 하는 프레스를 사용하면 문제는 간단할지 모르지만, 특정 종류의 동력 프레스는 손에 의해 재료를 송급해야 하는데, 그 이유는 인간의 손이 갖는 융통성과 교차성(巧緻性; dexterity) 때문이다. 인간은 갖가지 상황에 있어서 기능활화에 임의성이 있으므로 임기응변의 대응이 가능하지만, 바로 이러한 융통성이 바로 작업자에게 중대재해의 가능성을 안겨 주는 것이다<sup>4)</sup>.

이러한 재해들을 방지하기 위한 중요한 수단이 안전장치인데, 우리나라에도 프레스 또는 전단기의 안전장치 구조규격 등은 물론 검사규정에 이르기까지 갖가지 관련법규가 정해져 있다.

현재 프레스 작업의 안전장치는 수인(手引)식, 양수(兩手)조작식, 손쳐내기식, 광전자식 등으로 분류되고 있지만, 이는 인간의 조작·반응 특성이란 점은 고려하지 않은 채 신체적인 현상만을 외형적으로 분류한 것이기 때문에, 여러가지 규정에도 불구하고 프레스 재해는 여전히 계속되고 있는 것이다<sup>5)</sup>.

또 이러한 안전장치라 할지라도 곳곳에 문제가 숨겨져 있을 수 있다. 예를 들어 광선식 안전장치는 광선을 지나친 이후에 램(ram)이 멈출 때까지의 사이에 손이 금형사이에 도달할 수도 있으며, 양수조작식의 경우에도 양수 버튼을 누르고 나서

부터 램이 하사점에 이르는 사이에 손이 닿을 수도 있기 때문이다.

이에 대해 최근 미국이나 독일, 일본 등에서는 '안전거리'라는 개념을 이용하여, 손이 안전거리만큼 진행되는 사이에 램이 하사점까지 내려가든지 정지하도록 하고 있다<sup>6,7)</sup>.

문제는 작업자들의 반응시간이 어떠한 분포 특성을 갖느냐 하는 것인데, 여기에 대해서는 논란의 여지가 많고, 천차만별인 인간 개개인의 운동 특성을 어떻게 추정하느냐 하는 문제가 제기될 수 있다.

또 한편으로는, 인간은 항상 외부로부터의 객관적 입력정보에 근거하여 판단하는 것이 아니라 상황에 따라서는 자신의 주관적 판단에 의존하여 판단을 하는 경우가 많다<sup>8)</sup>.

따라서 객관적 상황판단과 주관적 상황판단의 차이를 정확히 파악할 수만 있다면, 작업자가 오판을 하기 전에 작업자에게 위험 신호를 보낸다든지, 슬라이드 램의 하강을 사전(事前)에 차단함으로써 안전사고를 예방할 수 있을 것이다.

이런 점에서 나날이 발전하고 있는 컴퓨터 기술은 이제까지 인간이 전담하여 왔던 판단 기능이나 의사결정 기능을 일관성있는 원리로 대체할 수 있는 가능성을 보여주게 되었는데, 화상처리기법(Image Processing Technique)도 그러한 분야의 하나이다<sup>9-11)</sup>.

따라서 본 연구에서는 컴퓨터 응용분야의 화상처리기법을 이용하여 프레스 작업시 작업자가 판단해야 하는 작업상황의 시각적 특성을 분석하고, 작업의 반응 특성을 파악하여 프레스 재해를 예방하는데 컴퓨터 응용등의 의사결정 및 판단지원 시스템의 개발이 응용가능한가에 대하여 실험적으로 고찰하였다.

## 2. 연구내용 및 방법

인간은 외부로부터 받는 정보의 약 80% 이상을 시각적 경로에 의존하기 때문에, 감각경로중에서도 시각적인 경로는 매우 중요하며, 따라서 뇌의 많은 부분도 이 기능을 수행하는 데에 할당되어 있다. 결과적으로 과부하(overload) 상태가 되기 쉬운 시각적 정보의 판단을 컴퓨터가 대신할 수만 있

다면 안전작업을 도모하기 위한 방법의 하나일 것이다<sup>12,13)</sup>.

인간이 외부로부터 위험을 감지하고 회피 행동을 할 때까지의 판단 과정을 설명하는 모형은 많이 연구되어 왔다. 만약 작업자가 노출된 위험을 올바르게 인식하고, 위험회피를 결정하여 올바른 회피능력을 발휘한다면 재해사고를 피할 수 있으리라는 것이다.

이 인지 과정(Cognitive Process)에 대해서는 인공지능 분야에서 여러가지 연구가 시도되고 있는데, 특히 Zacharias는 시각에 의해 파악되는 물체의 화상(image)이나 움직임으로부터 대상물체의 상태와 3차원 형상을 추정하는 과정을 모형화하는 것을 시도하였으며, Rasmussen은 입력변수나 상황의 적부 판단과정을 모형화하였다<sup>14,15)</sup>.

그러나 인간의 인지과정은 현대에 이르러서도 아는 것보다는 아직 모르는 것이 많다. 그럼에도 불구하고 인간이나 기계에 의한 단독처리보다는 병렬처리, 즉 인간의 판단을 돕는 보조기구나, 기계의 작동을 감시하는 인간기능의 부가가 작업의 수행도나 신뢰도를 높이는 매우 유용한 수단임은 이미 알려진 바와 같다.

이러한 점에서, 최근에 인공지능이나 전기전자 분야에서 널리 각광을 받고 있는 컴퓨터에 의한 화상처리는 처리결과가 시각을 통하여 직감적으로 이해될 수 있으므로 인간의 순간적 판단을 도와주는 보조기술로도 그 가치가 높다고 할 수 있다.

화상처리(Image Processing)란 기계가 당면한 화상(image)을, 視覺系에 해당하는 기계적 수용기를 통하여 정보를 받아들이고, 그로부터 특징추출 등의 논리적 처리를 거쳐 대상물체를 인식하는 처리과정을 말하는데, 이 시스템은 보통 마이크로 컴퓨터, TV 모니터, TV 카메라, A/D 변환기, 메모리 칩 등으로 구성되며, 통상 화상의 획득, 사전 처리, 화상 분할, 암호화, 특징 추출, 형태 분류 및 인식의 과정을 거치는 것이 일반적이다<sup>16,17)</sup>.

이제까지는 화상처리 시스템의 값이 비쌌던 관계로 이러한 화상처리 연구는 특정의 연구기관에 한정되어 있었으나, 최근 컴퓨터가 대중화되고 마이크로프로세서나 반도체 메모리 칩의 가격이 싸져서 소규모인 화상처리 시스템은 얼마든지 싼 비용으로 구성할 수 있으며, 부분적으로는 가전제품

에까지 응용되고 있는 실정이다.

인간의 시각 특성에 따르면, 인간은 주로 대상 물체의 밝기인 광도(luminance)와, 물체와 배경화면과의 대비(luminance contrast)에 의해 사물을 인지한다. 이것은 화상처리를 하는 경우, 히스토그램에 나타나는 분포를 보고 그 특성을 추출할 수 있다.

바로 이러한 점이 인간의 판단이 주관에 크게 좌우될 수 있다는 점을 나타내는 것으로, 여기에는 대상물체의 grey level, contrast, run length, segmentation, edge 등이 기준이 된다.

이러한 특성이 파악되면 작업자가 어떤 입력화상에 대해 특히 오판의 가능성이 높은가를 추정할 수 있으므로 안전사고를 예방하는 지침을 제공할 수 있을 것이다.

따라서 반복적인 프레스 작업 도중 작업물의 이상발견시 작업자가 오판단을 하는 경우, 입력화면을 획득하여 이로부터 당시의 입력화면으로부터 객관적 특성을 분석하고, 동시에 오판단에 의한 주관적 반응특성을 수집하여 두 가지 판단의 차이가 무엇인가를 파악하고자 하였다.

### 3. 실험

실험에는 직접 동력프레스를 개조하여 이용하였다.

우선 프레스의 금속성 다이(die)는 제거하고 대신 그 자리에 스티로폼과 목재로 구성된 금형을 만들어 부착하였다.

프레스의 작동속도를 조절하기 위해서는 슬라이드 램(slide ram)을 동작시키는 구동모터를 가변모터로 교체하였다. 이것은 전압을 조절함으로써 행정속도(strokes per minute; spm)를 변화시킨다. 이렇게 만든 이유는 생산현장에서의 동력프레스의 경우 그 행정속도가 천차만별이어서 그 행정속도의 증가에 따라 작업자의 공포감이 증대되는 현상을 반영하고 그 반응시간 특성의 변화를 파악하기 위한 것이다. Fig. 1은 이렇게 구성된 실험장치를 가지고 실험에 임하는 모습이다.

화상처리 시스템은 NTSC type의 일반 VTR camera와 VCR, Image Grabber, 그리고 소프트웨어로 구성하였다.

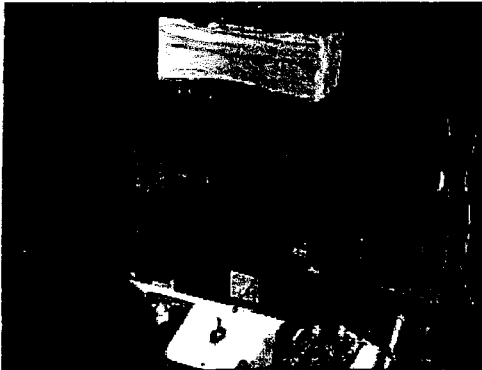


Fig. 1 Setup of devices

프레스의 슬라이드 램이 상승과 하강을 반복하는 도중, 어느 순간에 작업자의 손이 금형사이에 삽입될지 알 수 없으므로 작업을 하는 광경은 VTR camera를 통해 VCR에 기록되고, 실험이 끝난 후에 비로소 분석에 이용하였다.

피실험자로는, 현장에서의 프레스 작업 경험이 전혀 없는 신체건강한 남자 대학생 3명을 선발하여 실험에 임하였다. 실험은 1인당 1시간씩 지속하였는데, 이들은 실험에 임하기 전 1인당 하루 1, 2시간씩 약 한 달간의 숙련을 통하여 실험측정시 나타날 수 있는 학습효과를 제거하도록 하였다.

피실험자가 양수(兩手) buttons을 눌러 슬라이드의 하강을 지시하면, computer는 신호발생비율에 따라 슬라이드 하강행정 도중 무작위로 선택된 시간에 solenoid 와 relay switch를 통해 재료물이 제 위치를 이탈하도록 하여 작업물의 이탈상황을 모사(模寫)하도록 하였다. 이 때 신호발생비율은 약 10%, 즉 약 10회의 행정중 한번꼴로 재료물이 정 위치를 이탈하도록 조절하였다.

작업중의 재료물을 제위치에서 이탈시킨 순간부터 작업자가 금형부분에 손을 대기까지의 시간은, 금형 부위에 부착한 switch를 누르면 해당전류가 A/D converter를 통해 computer로 입력되어 측정할 수 있도록 하였다.

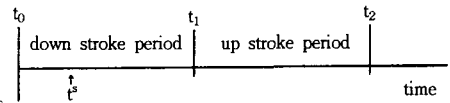
실험은 슬라이드 램의 행정속도를 20, 40, 60spm의 3 수준으로 나누어 반복수행되었다. 그러나 실험의 반복횟수가 지나치게 많아져 분석의 어려움이 있다고 판단, 다음과 같이 라틴 방격법(Method of Latin Squares)을 이용, 실험횟수는 줄

이면서도 분석의 효율은 극대화하였다.

Table 1 Latin squares used for experiments

subject experience		A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
		B <sub>1</sub> 0 hrs	C <sub>1</sub> (20 spm)	C <sub>3</sub> (60 spm)
B <sub>2</sub> 5 hrs	C <sub>2</sub> (40 spm)	C <sub>1</sub> (20 spm)	C <sub>3</sub> (60 spm)	
B <sub>3</sub> 10 hrs	C <sub>3</sub> (60 spm)	C <sub>2</sub> (40 spm)	C <sub>1</sub> (20 spm)	

반응결과는 협착사고, miss, 그리고 사고없이 올바르게 반응한 경우의 반응시간(correct response time)으로 정리하였다.



- t<sub>0</sub> : the slide ram starts a down stroke when a subject pushes start buttons
- t<sub>1</sub> : the slide ram reaches the lowest point
- t<sub>2</sub> : the slide ram reaches the highest point
- t\* : a signal warning that working material is not located well

Fig. 2 A stroke cycle of the slide ram

여기에서 협착사고라 함은 작업물이 잘못 놓여져 있다는 판단을 대신해 컴퓨터가 무작위로 선택된 시간에 pilot lamp를 켜 신호를 발하였을 경우, 피실험자가 손을 뺐어 금형에 손을 댔을 때 슬라이드 금형사이에 손이 끼인 사상을 말한다.

또 miss라 함은 피실험자가 손을 뺐어 금형에 손을 대기도 전에 슬라이드 램이 최저점까지 하강하였다가 상승해 버린 사상을 말하는데, Fig. 2 에서는 t<sub>1</sub> 시점이 지나서 반응을 하게 된 것을 가리킨다.

#### 4. 실험 결과 및 분석

앞의 Fig. 1과 같이 획득된 화상은 정수화(整數化; digitization)되어 Fig. 5와 같이 흑백수준에 따라 값을 달리하는 행렬로 컴퓨터에 저장하며, Fig. 6에서부터 Fig. 8에 이르는 몇 가지 단계의 과정을 거쳐 윤곽선의 길이를 비교하였다.

이 과정을 구체적으로는 Image Enhancement, Edge Finding, Contour Extraction이라고 하는데,

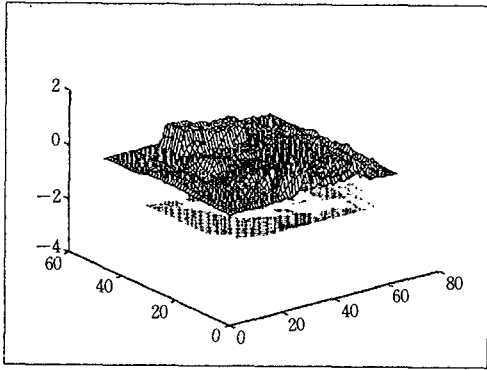


Fig. 3 Grey leveled image

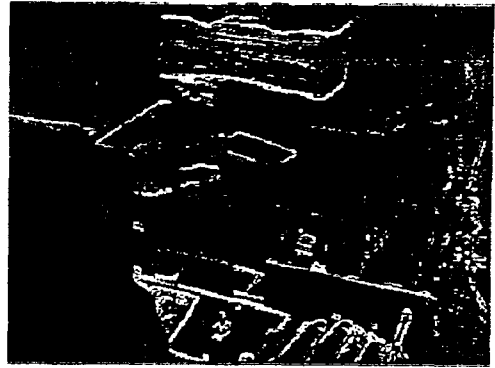


Fig. 6 Image countour

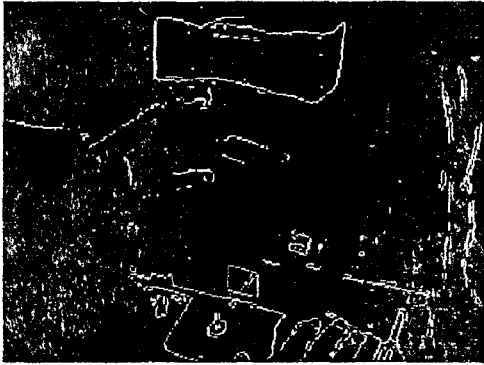


Fig. 4 Edge of raw image

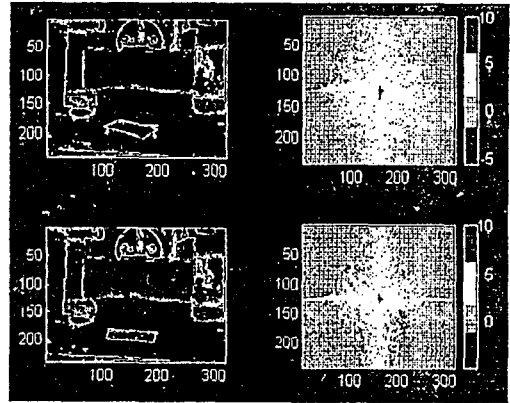


Fig. 7 FFT analysis result of two images

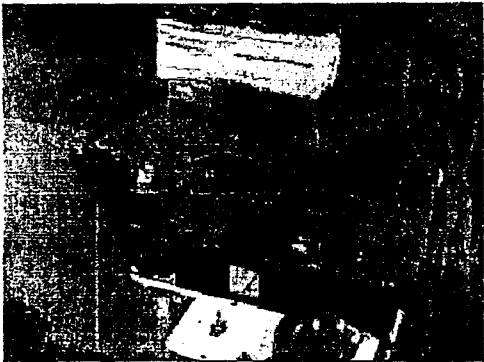


Fig. 5 Sobel operated image

크게는 화상처리(Image Processing)라고 한다.

작업을 하는 도중에 직면해야 하는 작업 상황의 시각적 정보는 이와 같이 획득된 edge나 contour의 길이로도 판단될 수 있고, FFT등과 같은 수학적 분석에 의해서도 판단될 수 있는데, 본 연구에서는 연구 목적을 위하여 FFT 분석을 시행하기는 하였으나, 계산이 실시간에 완료되기는 곤란하다고 판단되었다. Fig. 7은 작업대상물이 올바르게 놓인 경우와 이상 위치에 놓인 경우의 화상을 대상으로 FFT 분석을 한 결과인데, 보는 바와 같이 두 화상에는 수학적으로 상당한 차이가 있어, 두 대상화면의 특성이 같지 않음을 수학적으로 알 수 있다.

이러한 결과는 contour의 길이만으로도 쉽게 비교할 수 있었다. 정상 작업상황 화상의 contour 길이와 이상 발생상황 화상의 contour 길이를 대상으로 두 모집단의 분산이 동일한가를 검정하기 위한 Levene 검정과, 두 독립적 표본집단의 평균이 같은가를 검정하기 위한 t 검정에 의하면, 일반적으로 miss를 일으키는 작업상황과 accident를 일으키는 작업상황 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 있음을 보여 주었다.

예를 들어 Table 2는 피실험자 A<sub>2</sub>의 경우 60spm의 행정속도에서 작업을 시도하는 첫 시간의 작업 중 accident시의 contour 길이와 miss시의 contour 길이를 비교한 결과이다. 이 결과에 따르면 Levene 검정량 F는 0.033, 관측된 유의수준은 0.857로 두 모집단의 분산은 다르지 않다고 판단되었고, 그 결과 통합(pool) 처리된 양측 검정시의 유의수준은 0.228로 ( $> \alpha = 0.05$ ) contour 길이간에 차이가 있음을 입증하였다.

Table 2 t test result on indenpent samples

t-tests for independent samples of ACTIVITY

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
LENGTH				
ACTIVITY 0	11	2099.6364	72.116	21.744
ACTIVITY 1	23	2065.1304	78.542	16.377

Mean Difference=34.5059

Levene's TEST for Equality of Variances : F=0.033 P=.857

t-test for Equality of Means

Variances	t-value	df	2-Tail Sig.	SE of Diff	95% CI for Diff
Equal	1.23	32	.228	28.078	(-22.700, 91.712)
Unequal	1.27	21.43	.219	27.221	(-22.117, 91.129)

모든 실험조건에 대해 이런 분석을 시행한 결과, accident 발생시의 contour 길이와 safe response시의 contour 길이는 언제나 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단되었다( $\alpha = 0.05$ ). 단, accident와 miss의 경우, 그리고 miss와 safe response의 경우 통계적으로 유의한 차이가 있다고 할 수 없는 조합이 각각 2회씩 발견되었는데, 이것은 경험시간이 5시간(B<sub>1</sub>)인 경우에만 발견된 점으로 미루어 체계적인 원인에 의한 변동이 아니라 화상을 취득하는 과정에서의 과오에 기인한다고 판단되었다.

한편 작업이 계속됨에 따라 accident의 비율은 점차 하강하는 경향을 보여, 피실험자들이 빠르게 작업에 적응함을 알 수 있었으나, miss나 사고없이 손을 넣었다 뺀 횟수의 비율의 변화에는 일관성을 찾을 수 없었다.

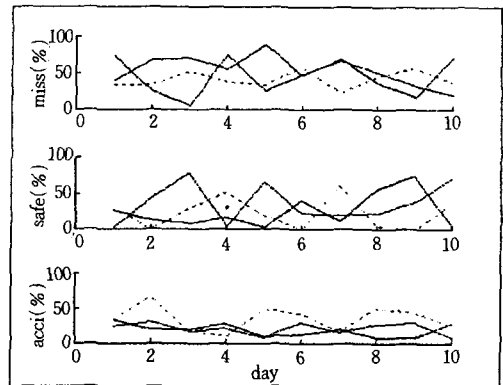


Fig. 8 Variation of work performances

Table 3 Variation of response characteristics

category \ speed	20 spm		40 spm		60 spm	
	number	%	number	%	number	%
strokes	6,389	-	8,675	-	8,878	-
signals	558	100	792	100	698	100
accidents	150	26.88	349	44.07	458	65.62
misses	335	60.04	235	29.67	36	5.16
safe responses	73	13.08	208	26.26	204	29.22

그러나 Table 3에서 보는 바와 같이 프레스의 행정이 빨라질수록 협착사고의 점유율은 감소하고 반대로 miss의 횟수는 증가하였는데, 이것은 비록 모의실험이기는 하지만 피실험자들이 슬라이드의 빠른 승강운동에 두려움을 느끼고 여의치 않다고 판단되었을 때에는 좀처럼 정해진 양식대로 대응하지 못한 결과이다.

반응시간이 프레스의 슬라이드 하강시간보다 길다면 안전은 물론 확보될 수 있다. 그러나 반대로 작업자의 반응시간이 슬라이드 하강시간보다 짧다면, 작업자의 재해 가능성은 언제나 존재한다.

실험을 통해 확인된 중요한 사실은 양손 모두 슬라이드의 하강을 지시하는 양수(兩手) buttons을 누른 다음에는 다음 작업을 위하여 즉, 한 손은 다

음 작업물을 집어 넣기 위하여, 그리고 다른 한 손은 작업후의 공작물을 빼내기 위하여 신호가 주어지든 안 주어지든 간에 금형주변으로 이동하여 대기한다는 점이다. 따라서 신호가 주어지고 나서부터 금형까지의 이동시간은 그 의미가 반감(半減)되고 만다.

그러나 반응한 시간은 대체로 정규분포를 따른다는 것을 알 수 있어 (Kolomogorov-Smimov Goodness of Fit Test,  $\alpha=0.05$ ), 이후 정규분포를 이용하여 반응시간의 백분위수(percentile)를 구해도 그다지 무리가 없음을 시사하였다.

여기에서 기억할 만한 사실은 spm이 20인 경우 한 행정시간은 약 3초, 따라서 슬라이드램의 하강시간은 1.5초에 불과하고, 40spm인 경우에는 0.75

초, 60spm인 경우에는 0.5초에 불과하다. 따라서 Fig. 9에서 보듯 20spm의 경우와 같이 비교적 느린 행정속도에서는 작업전에 손을 넣는다는 것이 가능할지 모르지만, 불과 40spm의 경우만 되어도 그러한 행동은 사실상 불가능하여 매우 위험하며, 60spm의 경우에는 전혀 현실성이 없다는 의미가 되기 때문이다.

따라서 생산 현장에서 이용되고 있는 프레스의 가공속도가 이보다 빠르다면 어떠한 경우에도 손을 대어서는 안 된다는 점을 시사하고 있는 것이다. 실험결과에 의하면, 20spm의 경우 반응시간의 95백분위수(95percentile)는 1.081, 40spm의 경우에는 1.146, 60spm의 경우에는 1.060으로서 이러한 사실을 뒷받침한다.

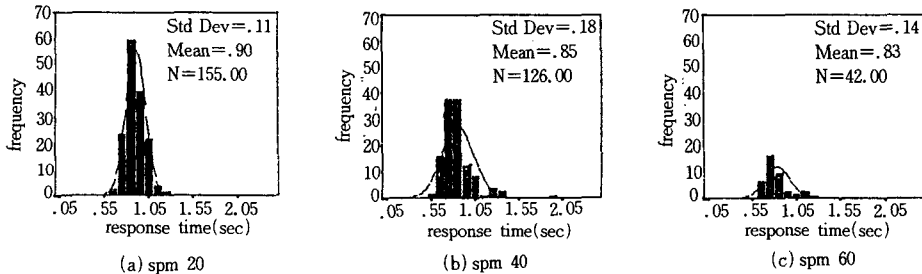


Fig. 9 Variation of response time over spm

### 5. 결론 및 추후 연구과제

이상과 같은 검토를 통하여 인간인 작업자의 주관적 판단을, 작업상황의 화상으로부터 객관적 특성을 파악하여 간접적으로 평가할 수 있다는 가능성은 입증된 셈이다. 이러한 특성은 동력 프레스의 interlock system을 개발하는데 충분히 활용될 수 있다. 또한 잘만 응용한다면 다른 동력기계의 보호구 개발에도 기여할 수 있을 것이다.

또한 인간이 입수한 시각적 정보를 근거로 어떠한 상황에서 현실과 다른 판단을 하는가 그 장면 특성을 파악할 수 있고, 어떤 점에서 객관적 판단으로부터 벗어나는가를 파악할 수 있으므로, 사업장 내외에서 행해지고 있는 안전교육시 좀 더 실제적인 교육지침을 개발하는 데에도 활용될 수 있을 것이다.

한편으로는, 작업자의 적응 수준에 따라 상황을 판별하는 특성을 파악하여, 작업자의 선발이나 배치에 활용하는 것이 현재로서는 보다 현실적이라고 할 수도 있다.

그러나 아직은 몇 가지 한계점이 없는 것도 아니다. 무엇보다 현재로서는 Pentium급 정도의 PC 수준으로는 실시간 처리(real time processing)가 사실상 불가능하기 때문이다. 프레스의 슬라이드램이 상승과 하강을 반복하는 도중, 어느 순간에 작업자의 손이 금형사이에 삽입될지 알 수 없으므로, 본 연구에서는 작업을 하는 광경은 VTR camera를 통해 VCR에 기록되고, 실험이 끝난 후에 비로소 분석하는 방법을 이용하였던 것도 그 때문이다.

물론 고성능의 VTR camera와 VCR, 그리고 전용 work station급의 computer를 이용한다면 실시

간 분석이 가능하겠지만 실험장비가 고가(高價)이므로 연구 목적에 적합치 못할 수 있다.

그러나 그럼에도 불구하고 이러한 시도가 계속 되어야 하는 까닭은 모든 재해사고가 인간과 기계의 부조화로부터 기인한다는 단순한 진리에 있기 때문이다. 기계의 발달에 따라, 인간인 작업자도 기계로부터 도움을 얻어 상황을 판단하고 의사결정을 하는 것이, 인간의 능력을 보다 중요한 곳에 이용케 함으로써 안전사고를 예방하는 방법이기 때문이다.

최근에 발생하는 산업재해로 인한 연간 산업재해자수는 10만명을 상회한다. 그 중 3만명이상이 신체장애자가 되고, 심지어 2천명 이상이 사망한다. 이것을 Heinrich의 방식에 따라 어림잡은 계산에 따르면 손실금액은 약 4조원을 증가한다. 또한 날로 치열해져 가는 국내외의 기술경쟁이라는 측면에서도 이상의 연구는 일조(一助)를 할 수 있을 것으로 생각된다.

더우기 사회 전반에서 3D 기피현상으로 인해 각 사업장에서 작업자를 구하기 어려운 요즈음, 작업의 근원적 안전을 확보하고 프레스는 더이상 위험하지 않은 작업이라는 인식을 작업자들에게 심어 줌으로써 생산현장의 인력 수급에도 도움이 될 수 있을 것이다.

이 논문은 1994년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음

### 참 고 문 헌

- 1) 산업안전신문사 편집국 編, 산업재해분석총람, 산업안전신문사, 1992.
- 2) Trump, T.R., and Etherton, J.R., Foreseeable errors in the use of foot controls on industrial machines, *Applied Ergonomics*, Vol. 16, No. 2, pp. 103~111, 1985.
- 3) Trump, T.R., and Etherton, J.R., Machine-cycling errors with foot switches in repetitive tasks, *Applied Ergonomics*, Vol. 17, No. 3, pp. 199~208, 1986.
- 4) James, R., A Framework for Classifying Errors, in *New Technology and Human*

Error, edited by Rasmussen, J., Duncan, K., and Leplat, J., John Wiley & Sons Inc., 1987.

- 5) 日本労働省産業安全研究所編, プレス機械の安全装置構造および使用指針, 産業安全研究所技術指針 RIIS-TR-83-1, 日本労働省産業安全研究所, 1984.
- 6) Pizatella, T.J., and Moll, M.B., Simulation of the After-Reach Hazard on Power Presses Using Dual Palm Button Actuation, *Human Factors*, Vol. 29, No. 1, pp. 9~18, 1987.
- 7) 深谷潔, 佐藤吉信, プレスの安全距離に関する研究, 産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-76-5, 日本労働省産業安全研究所, 1977.
- 8) Smith, M.J., and Beringer, D.B., Human Factors in Occupational Injury Evaluation and Control, in *Handbook of Industrial Engineering*, edited by Salvendy, G., John Wiley & Sons Inc., 1982.
- 9) Ballard, D.H., and Brown, C.M., Computer Vision, Prentice-Hall, Inc., 1982.
- 10) Baxes, G.A., Digital Image Processing; A Practical Primer, Prentice-Hall, Inc., 1984.
- 11) Gonzalez, R.C., and Wintz, P., Digital Image Processing, 2nd ed., Addison-Wesley Publishing Company, 1987.
- 12) Lindsay, P.H., and Norman, D.A., Human Information Processing : An Introduction to Psychology, 2nd ed., Academic Press, Inc., 1977.
- 13) McElroy, F.E., Accident Prevention Manual for Industrial Operations : Administration and Programs, 10th ed., National Safety Council, 1992.
- 14) Rasmussen, J., Pejtersen, A.M., and Goodstein, L.P., Cognitive Engineering : Concepts and Applications, revised ed., John Wiley & Sons, Inc., 1992.
- 15) Zacharias, G., Motion-Based State Estimation and Shape Modeling, in *Human Perform-*



ance Models for Computer-Aided Engineering, edited by Elkind, J.I., Card, S.K., Hochberg, J., and Huey, B.M., Academic Press, Inc., 1990.

16) Pratt, W.K., Digital Image Processing,

John Wiley & Sons, Inc., 1978.

17) Rosenfeld, A., and Kak, A.C., Digital Picture Processing, 2nd ed., Academic Press, 1982.