

연구보고서

토건연95-1-16

# 건설공사 안전시공을 위한 인간공학적 접근

— Human Factor 적용에 관한 연구 —

1995. 12. 31



한국산업안전공단  
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION

산업안전연구원  
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

# 목 차

|                                          |    |
|------------------------------------------|----|
| 제 1장 서 론 .....                           | 7  |
| 1. 연구배경 .....                            | 7  |
| 2. 연구목적 .....                            | 9  |
| 3. 연구범위 및 방법 .....                       | 10 |
| 제 2장 작업시의 Human Factor측정(인간공학적 측면) ..... | 13 |
| 1. 목적 .....                              | 13 |
| 2. 측정내용 .....                            | 13 |
| 제 3장 근로자의 재해특성과 Human Factor .....       | 21 |
| 1. 기존재해 발생유형 .....                       | 21 |
| 2. Human Factor 적용에 대한 고찰 .....          | 26 |
| 제 4장 근로자의 생체부담 .....                     | 28 |
| 1. 심박수 및 피로도 고찰 .....                    | 28 |
| 2. 심박수 측정 .....                          | 29 |
| 3. 신체자각 피로부위 조사 .....                    | 36 |
| 4. 자각적 피로증상의 조사 .....                    | 39 |
| 제 5장 결론 .....                            | 44 |

## 참고문헌

## 부 록

1. 심박수 측정치
2. 신체 피로부위 및 자각증상 조사표

여 백

# 요 약 문

## 1. 과제명

건설공사 안전시공을 위한 인간공학적 접근  
-Human Factor 적용에 관한 연구-

## 2. 연구기간

1995년 1월 1일 ~ 1995년 12월 31일

## 3. 연구자

산업안전공단 산업안전연구원 토목·건축 연구실 박 일 철

## 4. 연구목적:

본 연구에서는 근로자의 능력과 한계를 갖는 육체적 측면으로부터 접근한다. 많은 사람들은 자신이 평균적이라고 생각하기 쉽지만 각자의 능력이 다른 것은 분명하고 따라서 인간의 한계를 이해하는 일은 작업속도를 최적화하고 효율적인 작업을 계획하기 위해서 중요하며 이것은 보다 근원적인 안전대책의 일환일 수 있다.

따라서 평균적인 인간을 대상으로 육체적 능력의 한계를 이해하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 5. 필요성

건축공사의 재해 빈도가 높은 현상은 건축공사 자체의 물량이 많은 점이 고려될 수 있겠으나, 토목공사에 비해 상대적으로 인력이 차지하는 비율이 높기 때문인 것으로 판단된다.

또한 근로자의 입장에서 보면 지역적인 접근의 용이성과 전문성이 없는 보통인부의 비율이 높은 점 등을 들 수 있겠다.

따라서 건축공사 재해예방을 위해서는 기존의 안전점검, 교육, 안전시설

의 확충 등 기존대책의 활성화가 중요하다고 생각되나, 반면 규격화가 토목공사에 비하여 비교적 쉬운 건축공사에 작업능력측정 등을 통한 공사관리의 합리화를 꾀하고, 표준화 된 작업모델 등 근원적 대책의 마련이 절실하다 하겠다.

## 6. 연구내용:

-작업능력에 따른 적정 작업배치 기준 제시

본 연구의 주안점으로는 수평작업역, 수직작업역 중 고소작업, 수평수직작업역의 교차점인 단부작업에 종사하는 근로자의 육체적 부담과 적응도를 판단하고, 또한 연령, 경험년수, 작업시간대, 작업장소, 피로도 등에 따른 생체부담 능력을 조사 분석하여 안전사고 제 요인 중에서 인적요인의 제어를 위한 관리적 대책 제시에 한정한다.

대책의 제시를 위한 연구의 진행절차 및 방법

1. 거푸집 목공들의 작업장 내의 환경권을 유지하기 위한 환경변이의 추이를 파악한다.
2. 현장 작업자의 개인별 생체리듬을 고려한 Human Factor로서 심박수를 측정
3. 근로자의 생체 부담(피로도)의 정도를 조사하기 위하여 성별, 연령별, 작업종류별, 작업장소별로 분류하고 개개인의 자각 피로도를 설문에 의해 조사한다.
4. 데이터 분석 및 특성치 산출
5. 작업배치 기준 제시

## 7. 연구결과

건설현장의 작업배치시 작업자가 부담할 수 있는 만큼의 일량을 정량적으로 처리할 수 있는 효과가 있고, 특히 중량감이 있는 작업에서 작업자 능력

에 따른 작업배치 기준을 제시함

## 8. 활용계획

공정 및 작업자 개인의 부담능력에 따른 작업배치를 함으로서 사전에 근로자를 보호할 수 있는 근원적 안전대책으로서 현장 작업 및 효율화를 기함

## 9. 연구개요

일반적으로 감독자 중 작업자에게 과도한 부담을 요구하는 관리자가 많고 평균능력 이상의 작업자를 원하고 있다. 기술자는 관측을 통해서 타당한 생산량을 결정할 수 있다고 믿고 있지만 주관적인 평가에 의하기 때문에 커다란 실수를 범하기 쉽다.

이에 대하여 본 연구에서는 근로자의 능력과 한계를 갖는 육체적 측면으로부터 접근한다.

육체적 능력은 개인에 따라서 상당한 차이가 있기 때문에 육체노동자의 관리에 대해서는 인간의 육체적 한계를 충분히 이해하지 않고 논의하는 일은 불가능하다.

많은 사람들은 자신이 평균적이라고 생각하기 쉽지만 각자의 능력이 다른 것은 분명하고 따라서 인간의 한계를 이해하는 일은 작업속도를 최적화하고 효율적인 작업을 계획하기 위해서 중요하며 이것은 보다 근원적인 안전대책의 일환일 수 있다.

※키워드 : [인간공학, Human Factor, 생체부담, 심박수, 피로도, 자각증상, 작업능력, 작업배치]

여 백

# 제 1 장 서 론

## 1. 연구 배경

건설재해 예방을 위한 국가적 노력에도 불구하고 재해감소의 성과는 부진하며, 위험한 작업환경과 전근대적 작업방법은 크게 개선되지 않고 있는데, 이는 재해예방활동이 종합성과 지속성이 요구되는 활동임에도 불구하고 경험이나 직관에 의존한 사고처리 위주의 비과학적이고 피동적인 안전관리로 일관하고 있기 때문이다.

실제로 1994년 한해동안 건설현장에서 743명이 사망하였으며 23,528명이 중경상을 당했다.

'94 년도에 발생한 건설재해 중 사망재해자 425명에 대한 당 공단의 중대재해조사자료를 분석해 보면, 첫째 공사 종류별(표 1-1) 재해자는 빌딩공사에서 37.4%, 아파트공사에서 23.3%, 공장설비 및 건설공사에서 12.9%, 지하철공사에서 7.4% 순으로 나타났으며, 건축공사에서 60.7%로서 토목공사보다 더 많은 재해가 발생되고 있음을 알 수 있다.

또한 직종별 재해자(표 1-2)는 골조공사에 종사자가 29.6%, 마감공사에 종사자가 20.0% 보통인부가 16.7%, 설비공사자가 10.1% 순으로 나타났으며, 골조공사에 종사하는 근로자가 가장 재해를 많이 당하고 있음을 나타내고 있다.

셋째 재해원인을 기술적 요인(표 1-3)으로 분류하면 부적절한 작업순서, 작업계획의 미수립 등 작업방법의 부적정으로 인한 재해가 33.7%로서 가장 높게 나타났으며, 안전난간대, 가설통로, 추락방지망, 작업발판, 환기시설, 안전표지판, 안전장치 등 안전시설 미비로 인한 재해가 32.0%, 구조물

의 구조적 안전상 결함으로 인한 재해가 17.4%, 근로자의 작업미숙, 작업 자세의 불안전 등으로 인한 재해가 14.8%, 기계기구의 고장으로 인한 재해가 2.1%의 순으로 발생되고 있음을 보이고 있다.

(표 1-1) 공사 종류별 재해자 수

| 구분       | 빌딩공사          |             |               |                |     |      | 아파트공사         |             |               |                |     |          | 공장   | 관로공사 |
|----------|---------------|-------------|---------------|----------------|-----|------|---------------|-------------|---------------|----------------|-----|----------|------|------|
|          | 설비<br>및<br>마감 | 구조<br>물     | 기초<br>및<br>굴착 | 기계<br>설치<br>해체 | 기타  | 소계   | 설비<br>및<br>마감 | 구<br>조<br>물 | 기초<br>및<br>굴착 | 기계<br>설치<br>해체 | 기타  | 소계       |      |      |
| 재해자<br>수 | 58            | 47          | 19            | 6              | 29  | 159  | 38            | 23          | 4             | 9              | 25  | 99       | 55   | 12   |
| 백분률      | 13.6          | 11.1        | 4.5           | 1.4            | 6.8 | 37.4 | 9.0           | 5.4         | 0.9           | 2.1            | 5.9 | 23.3     | 12.9 | 2.8  |
| 구분       | 지하철공사         |             |               |                |     | 도로공사 |               |             |               |                | 채석장 | 항만<br>공사 | 기타   | 총계   |
|          | 구<br>조<br>물   | 개<br>착<br>식 | 터널            | 기타             | 소계  | 교량   | 노반            | 터널          | 기타            | 소계             |     |          |      |      |
| 재해자<br>수 | 13            | 10          | 3             | 5              | 31  | 12   | 5             | 1           | 2             | 20             | 8   | 6        | 35   | 425  |
| 백분률      | 3.1           | 2.4         | 0.7           | 1.2            | 7.4 | 2.8  | 1.2           | 0.2         | 0.5           | 4.7            | 1.9 | 1.4      | 8.2  | 100  |

(표 1-2) 직종별 사망재해 현황

| 구분   | 골 조 공   |         |         |           |         |         | 보통<br>인부 | 설비<br>공 | 전공      | 중기<br>운전<br>원 | 기계<br>설치<br>해체공 | 토공  |
|------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------------|-----------------|-----|
|      | 목공      | 철골<br>공 | 비계<br>공 | 콘크<br>리트공 | 철근<br>공 | 소계      |          |         |         |               |                 |     |
| 재해자수 | 40      | 40      | 21      | 15        | 10      | 126     | 71       | 43      | 31      | 23            | 23              | 8   |
| 백분률  | 9.4     | 9.4     | 4.9     | 3.5       | 2.4     | 29.6    | 16.7     | 10.1    | 7.3     | 5.4           | 5.4             | 1.9 |
| 구분   | 마 감 공   |         |         |           |         |         |          |         | 착암<br>공 | 직원            | 기타              | 총계  |
|      | 미장<br>공 | 방수<br>공 | 도배<br>공 | 조적공       | 도장<br>공 | 타일<br>공 | 기타       | 소계      |         |               |                 |     |
| 재해자수 | 19      | 19      | 10      | 8         | 7       | 2       | 20       | 85      | 5       | 2             | 8               | 245 |
| 백분률  | 4.5     | 4.5     | 2.3     | 1.9       | 1.6     | 0.5     | 4.7      | 20.0    | 1.2     | 0.5           | 1.9             | 100 |

(표 1-3) 기술적 요인에 의한 재해자수

| 구 분   | 작업방법의<br>부 적 정 | 안전시설<br>미 비 | 구 조 적<br>안전상 결함 | 불안전한<br>작업자세 | 기계기구의<br>고 장 | 계   |
|-------|----------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|-----|
| 재해자수  | 143            | 136         | 74              | 63           | 9            | 425 |
| 백 분 률 | 33.7           | 32.0        | 17.4            | 14.8         | 2.1          | 100 |

이상의 재해분석을 볼때 건축공사의 재해 빈도가 높은 현상은 건축공사 자체의 물량이 많은 점이 고려될 수 있겠으나, 토목공사에 비해 상대적으로 인력이 차지하는 비율이 높기 때문인 것으로 판단된다.

또한 근로자의 입장에서 보면 지역적인 접근의 용이성과 전문성이 없는 보통인부의 비율이 높은 점 등을 들 수 있겠다.

따라서 건축공사 재해예방을 위해서는 기존의 안전점검, 교육, 안전시설의 확충 등 기존대책의 활성화가 중요하다고 생각되나, 반면 규격화가 토목공사에 비하여 비교적 쉬운 건축공사에 작업능력측정 등을 통한 공사관리의 합리화를 꾀하고, 표준화 된 작업모델 등 근원적 대책의 마련이 절실하다 하겠다.

## 2. 연구의 목적

일반적으로 건설활동에 종사하는 인간을 지금까지의 연구와 경험을 바탕으로 두가지의 면에서 논의 되고있다. 즉

- (1) 공통의 욕구와 의욕을 갖는 정신적인 측면으로 부터
- (2) 어느 능력과 한계를 갖는 육체적 측면으로 부터이다.

또 작업개선을 추진하는데 필요한 감독자와 작업자의 협력의 중요성 등이 일차 세계대전 이후로 일반 산업계에 대두되고 있으나, 건설업에서는 거의 채용이 되지 않고 있다.

일반적으로 감독자 중 작업자에게 과도한 부담을 요구하는 관리자가 많고 평균 능력 이상의 작업자를 원하고 있다. 기술자는 관측을 통해서 타당

한 생산량을 결정할 수 있다고 믿고 있지만 주관적인 평가에 의하기 때문에 커다란 실수를 범하기 쉽다.

이에 대하여 본 연구에서는 근로자의 능력과 한계를 갖는 육체적 측면으로 부터 접근한다.

육체적 능력은 개인에 따라서 상당한 차이가 있기 때문에 육체노동자의 관리에 대해서는 인간의 육체적 한계를 충분히 이해하지 않고 논의 하는 일은 불가능하다.

많은 사람들은 자신이 평균적이라고 생각하기 쉽지만 각자의 능력이 다른것은 분명하고 따라서 인간의 한계를 이해하는 일은 작업속도를 최적화 하고 효율적인 작업을 계획하기 위해서 중요하며 이것은 보다 근원적인 안전대책의 일환일 수 있다.

따라서 평균적인 인간을 대상으로 육체적 능력의 한계를 이해 하는 것이 본 연구의 목적이다.

### 3. 연구 범위 및 방법

건설현장의 작업은 다종 다양한 직종의 혼재와 작업역 또는 작업형태에 따라 각가지의 동작 및 형태가 있으나 여기서는 건설공사에서 비중이 크고, 수평 또는 수직의 작업역 및 두 작업역의 교차 특성에 따라 추락 및 낙하재해에 노출이 큰 골조공사의 거푸집 설치,해체 작업에 임하는 거푸집 목공의 육체적 능력의 한계를 연구의 대상으로 하였다.

본 연구의 주안점으로는 수평작업역, 수직작업역 중 고소작업, 수평수직 작업역의 교차점인 단부작업에 종사하는 근로자의 육체적 부담과 적응도를 판단하고, 또한 연령, 경험년수, 작업시간대, 작업장소, 피로도 등에 따른 생체부담 능력을 조사 분석하여 안전사고 제 요인 중에서 인적요인의 제어를 위한 관리적 대책 제시에 한정한다.

대책의 제시를 위한 연구의 진행절차 및 방법은 다음과 같으며 이를 도

식화 하면 <그림 1-1>과 같다.

1. 거꾸집 목공들의 작업장 내의 환경권을 유지하기 위한 환경변이의 추이를 파악한다.

2. 현장 작업자의 개인별 생체리듬을 고려한 Human Factor(심박수) 측정한다.

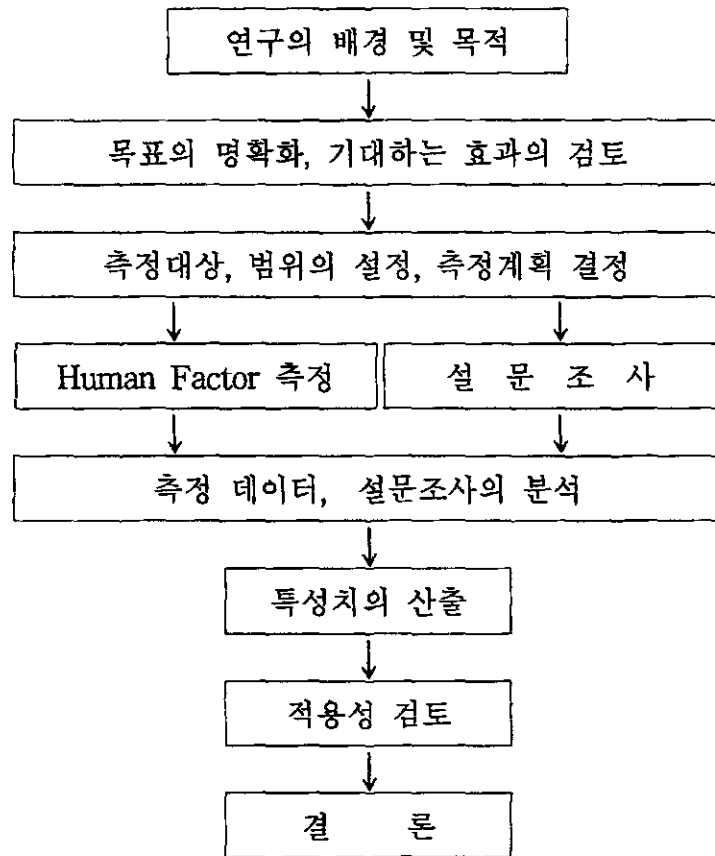
측정은 근로자 개인의 1)연령별, 2)작업,비작업서, 3)작업부위, 4)작업시간대별로 나누고, 신뢰도를 높이기 위하여 포터블 레코더에 의한 현장측정을 원칙으로 하고 얻어진 심전파형의 R파의 간격을 연속적으로 하여 평균심박수(박/분)을 분석하였다.

3. 근로자의 생체 부담(피로도)의 정도를 조사하기 위하여 성별, 연령별, 작업종류별, 작업장소별로 분류하고 개개인의 신체 피로부위를 설문에 의해 조사하고, 또한 자각증상 조사표를 배포하여 연령별 생체부담을 조사하였다.

4. 조사된 데이터의 코드화 및 표준화

5. 데이터 분석 및 특성치 산출

6. 안전대책 제시



〈그림 1-1〉 연구의 흐름도

## 제 2장 작업시의 Human Factor측정 (인간공학적 측면)

### 1. 목적

작업시의 Human Factor에 관한 사항으로서 작업환경, 작업자의 신체 및 작업력의 측정, 작업자에게 부여되는 생체부담 등의 측정을 한다.

작업환경의 측정은 작업자의 생리적, 심리적 영향을 미치는 작업상태의 파악과 함께 그의 작업환경 개선을 위한 기초자료를 얻는 것을 목적으로 하고, 신체계측 및 작업력의 측정은 작업자의 신체조건, 사용하는 기계, 공구의 공법 및 배치 등의 검토를 행함과 동시에 작업공간의 적성화를 목적으로 한다.

생체부담의 측정은 작업에 따라 작업자가 받는 여러가지 부담의 정도를 정량적으로 파악하여 적절한 작업방법 및 작업량을 정할 것을 목적으로 한다.

### 2. 측정내용

#### 가. 작업환경의 측정

작업환경의 측정은 온도, 습도, 풍속, 조도, 경음, 진동 등에 대하여 측정을 하고 그의 물리적, 화학적 변화를 수용한다.

일반적으로 작업자의 신체, 혹은 작업의 난이도, 능률에 영향을 주는 작업 항목에 관하여 측정할 수 있는 특성치를 (표 2-1)에 제시하였다.

이러한 특성치는 항목마다 계측 결과로부터 단독으로 얻어질뿐 아니라 각 항목의 측정치를 조합시켜 의미를 갖는 것도 많다. 작업자에 영향을 생각하는 경우에는 오히려 환경 항목의 상호작용을 고려한 것 이외가 현실적이다.

(표 2-1) 작업환경 측정으로 부터 구하는 특성치

| 항 목               | 주 의                      | 특 성 치 의 종 류              |                 |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| 온 도               | 시간,공간의 변화                | 평균온도,최고온도,<br>최저온도       | 실효온도(감각온도)      |
| 습 도               | 변화의 폭                    | 평균습도                     | 예측 4시간 발간율      |
| 풍 속               | 최대치,<br>시간,공간의 변화        | 평균풍속, 최대풍속               | T.H지수<br>풍력냉각지수 |
| 조 도               | 시간,공간의 변화                | 평균조도, 최대조도, 최소조도, 균제도    |                 |
| 소 음               | 최대치,평균치,<br>시간적변화        | 소음레벨,등가소음레벨, 청취명료도, 진동수, |                 |
| 진 동               | 주파수의 변화                  | 진폭, 펄스, 스펙트럼, 가속도, 폭로시간  |                 |
| 분 진<br>각 종<br>GAS | 물리,화학적 성질<br>공간적 분포, 최소치 | 분진량, 분진농도<br>GAS 농도,     |                 |

이 때문에 많은 특성치가 고려되고 있으나, 그의 주된 것을 얻기 위한 특성치를 조합시킴으로서 새로운 의미를 구할 수 있으며 그 내용을 (표 2-2)에 제시한다.

(표 2-2) 작업환경 측정으로부터 구하는 특성치의 조합

| 구해지는 특성치 | 조합시킨 특성치              | 특성치의 의미       |
|----------|-----------------------|---------------|
| 불쾌지수     | 건구온도, 습구온도            | 환경의 불쾌의 정도    |
| 실효온도     | 건구온도, 습구온도, 풍속        | 환경의 감각적 온도    |
| 시력,눈부심   | 대상물의 조도, 주위의 조도       | 보기 쉬움, 보기 싫음  |
| 음성의 호해도  | 회화의 큰 레벨,<br>주위의 소음레벨 | 소음가운데서 회화의 쉬움 |

나. 신체계측 및 작업역의 측정

(1) 신체 계측 및 작업력의 측정은 아래 3개 항목으로 대별된다..

(가) 작업자 신체 각 부위의 치수

(나) 사용하는 각 기계, 공구류의 치수, 형상

(다) 작업에 쓰이는 기계, 공구 등의 배치 및 작업자와의 관계.

(2) 항목 각각의 측정방법

(가) 작업자의(집단으로서의) 작업역을 구하는 경우에는 필요로 하는 신체부위별로 계측치를 집계한다.

이 신체부위마다 측정치의 누적도수분포표를 작성하고 5% 타일치, 95% 타일치, 50% 타일치(Percentile 백분위 수) 등을 용이하게 구할 수 있도록 한다.

(나) 구한 신체 부위별의 계측치로부터 필요한 부위의 중앙치 혹은 5% 범위(95% 범위 등 통계적인 브레이크)를 고려하여 될 수 있는 한 많은 작업자에게 무리 없이 작업역을 결정한다.)

(다) 카메라나 VTR등의 기기를 사용하여 장시간에 걸쳐 작업을 단시간에 기록하며, 움직이는 속도 작업을 저속도로 볼 수 있도록 촬영하여, 동작의 궤적이나. 순서 등의 특성치를 구한다.

(3) 구해진 특성치의 적용

(가) 신체치수 측정에 관하여는 그의 치수중에 몇명의 대상자가 포함되는가 등의 정보를 필요로 한다.

이를 위하여는 측정의 결과로부터 5%, 50% 및 95%의 대상자가 포함되는 치로서 5퍼센타일, 50퍼센타일, 95퍼센타일의 각치가 이용된다.

(나) 작업자가 보통의 자세로 무리 없이 작업할 수 있도록 작업역과 이상이 없는 한 최대한으로 체간이나 손을 뻗은 경우의 작업역과를 구별한다.

전자를 통상 작업역, 후자를 최대 작업역이라고 말한다.

(다) 관련이 강한 작업대상끼리는 상호 접근하여 배치하고 중요도가 높은 것에 대하여는 작업자 가까이에 배치하는 등의 배려가 필요하다.

특히 동작이 큰 경우나 이동을 필요로 하는 작업에서는 작업의 구분마다의 이동거리를 숫자선의 길이로 동시에 나타낸다.

이때에 이동의 빈도에 대하여도 제시함에 따라 작업의 부하를 추정할 수 있다.

(라) 기타, 입체로서의 작업역이나 기능, 경험년수에 의한 작업역의 변화, 게다가 사용하고 있는 공구, 기계설비의 치수, 형상 등이 있다.

#### 다. 생체부담 측정

생체부담이란, 작업에 의한 생체의 반응을 포착하는 것이며, 개인차이 외에 개인의 하루내 및 기일간의 변동이 크다. 이 때문에 생체 부담의 특성치를 구하기 위하여는 작업시의 데이터와는 별도로 기준 상태에서의 데이터를 무시할 수는 없다. 기준치는 통상, 작업전 혹은 작업후의 안정 상태의 기록으로부터 얻을 수 있다.

작업전의 안전상태는 측정에 대하는 불안감으로부터 작업자에게는 정신적인 것이 아닌 신경적, 감각적인 부담으로서 과다하게 되는 예가 있으나, 반대로 작업 후에는 작업에 의한 육체적인 부담에 따라 불안감이 제거되기 때문에 본래의 안정상태에 가까이 측정치가 얻어지는 경우도 있다.

##### (1) 생체부담의 측정에서 구하는 특성치

(가) 작업시 평균 심박수 및 안정시에 대하는 증가율

(나) 체중당 에너지의 소비량

(다) 에너지 대사율(RMR)

(라) 프렉커치의 일간 및 주간 저하율

(마) 피로자각 증상의 호소율

(바) 기타

(2) 항목 및 각각의 측정방법

(가) 심박수

작업중에 텔레미터 데이터나 전용 휴대형 데이터 레코더를 사용하여 얻어진 심전파형의 R파 수를 카운터로 계수하고 R파의 간격을 연속적으로 평균 심박수(박/분)로서 나타낸다.

(나) 에너지 소비량

작업중에 채취한 호기중의  $O_2$ ,  $CO_2$ 량과 대기중의  $O_2$ ,  $CO_2$  치와의 차이로부터 소비된  $O_2$ 량을 구하여 에너지 소비량으로 환산한다. 작업 중에 1분당 에너지 소비량 혹은 전 작업시간중의 에너지 소비량의 정량을 위하여는 전 호기량과 소요시간이 필요하고, 부분 호기량의 채취를 하는 경우에는 특히 채용 개시점 및 종료 시점의 정확한 계시(計時)가 필요하다.

이때에 계측 시점에서의 기온, 기압, 호기 온도 등의 데이터가 필요로하므로 계측시에 있어서 환경의 측정을 잊어서는 안된다.

(다) 프렉커 치

프렉커 치의 측정은 광원을 점멸시켜 점멸 주파수의 높은 부분으로부터 연속적으로 주파수를 점멸시켜 어떤 거림을 느낀 시점에서의 주파수를 구하는 것이므로 피험자의 “습관”이 정확한 측정에 필요하다.

현장에서의 측정으로는 이전이 곤란하기 때문에 연속된 5회의 측정을 행하고 최대치 및 최소치를 뺀 3회의 측정치로부터 당해 시점에서의 평균치를 얻는 것이 유효하다.

(라) 자각피로

피로 자각증상 조사는 신체자각 피로 부위의 조사와 자각적 피로증상의 조사와의 두 가지로 나눌 수 있다.

피로 부위, 피로증상과 함께 별개 호소에 대하여 전체 호소와 공히 전

샘플(전 작업자를 대상으로 한 샘플)에 대하는 비율을 구한다.

### (3) 특성치의 적용

작업 방법의 개선 혹은 안전성의 확보를 목적으로 작업자의 신체에 가해지는 부하는 생체부담의 크기를 평가하는 경우에는 아래에 나열한 바와 같이 특성치를 구한다.

(가) 작업 실시중의 평균 심박수는 작업중의 심박수를 소요 시간으로 뺀 것이다.

또 심박수 증가율은 이 작업중의 평균 심박수가 안정시에 비하여 어느정도 상승하는가를 제시 하는 것이다.

$$\text{심박수 증가율(\%)} = (\text{작업시 평균 심박수} - \text{안정시 평균 심박수}) / (\text{안정시 평균 심박수}) \times 100 \quad (\text{식 2.1})$$

(나) 에너지 소비량은 작업자가 작업을 하기 위하여 소비한 산소의 량을 열량으로 환산하여 구하지만 신체의 주어지는 부하로서 작업의 영향의 크기를 평가하는 경우에는 체중이 큰 작업자는 체중이 적은 작업자 보다 많은 에너지를 소비하기 때문에 체중당 에너지 소비량을 구할 필요가 있다.

(다) 측정에 따라 얻어진 에너지 소비량은 개인차를 포함하고 있다고 보지 않으면 안된다. 이 개인차를 위해 필요한 소비량(기초 대사량)에 대하여 작업에 필요한 에너지 소비량의 비를 구한다. 이 비율을 에너지 대사율(RMR- Relative Metabolic Ratio)이라고 한다.

$$\text{에너지 대사율} = (\text{작업시 에너지 소비량} - \text{안정시 에너지 소비량}) / \text{기초 대사량} \quad (\text{식 2.2})$$

여기에서 기초 대사량이란, 의식은 있으나 신체적 및 정신적 활동을 하지 않는 상태에서의 에너지 소비량이며 통상은 체중 및 신장으로부터 근사치를 구하여 사용한다.

(라) 작업을 행한 결과로서 작업자는 많은 경우 피로를 느끼게 되지만,

대부분의 경우 작업중의 피로의 직접적이며 동시에 정량적 평가는 불가능하다. 오히려 주관적인 환경에 의해 정성적, 비교적인 평가가 바람직하다.

그러나 여기에서 많은 샘플 수가 있음에도 불구하고 분석에도 전문적 지식이 요구된다. 일반적으로는 대뇌신피질의 피로, 특히 시각 영역의 피로를 자초하는 일까지 피로의 대표적인 치로 한다. 이를 위해 프랙커치로서는 고려되지 않으므로 작업의 전후에 있어서 측정치의 비교에 따라 평가를 하는 것이 통상이다.

이 경우 생체부담의 평가와 같이 절대치의 의미는 무시하여 전후의 차를 기준의 치로 뺀 값을 사용한다.

프랙커치는 작업의 실시에 따라 저하하는 일이 많으므로 이 치를 프랙커치 저하율이라고 부르고 다음 식으로 구할 수 있다.

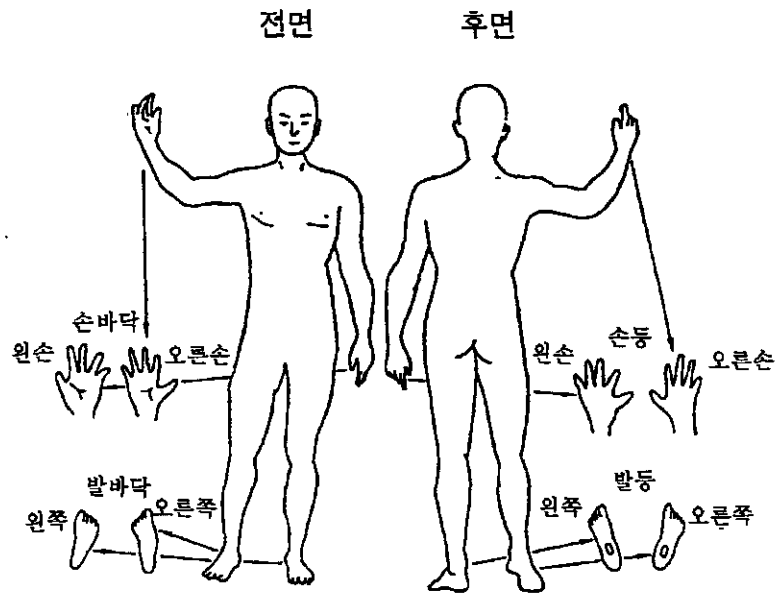
$$\text{프랙커치 저하율(\%)} = ((\text{작업전 측정치} - \text{작업후 측정치}) / \text{작업전 측정치}) \times 100 \quad (\text{식 2.3})$$

이때, 작업전 측정치를 아침, 작업후 측정치를 저녁으로 하면 일간 저하율이 되고 작업전 측정치를 월요일, 작업후 측정치를 토요일로 하면 주간 저하율이 얻어진다.

(마) 피로자각 증상의 호소율을 구 하는 일은 샘플수(전 작업자)가 많은 경우에 유효하다.

피로부위, 피로증상과 함께 전 호소와 병행하여 전 샘플에 대하는 개별의 호소의 비율과 그의 경제적 변화를 구하게 되면 좋다.

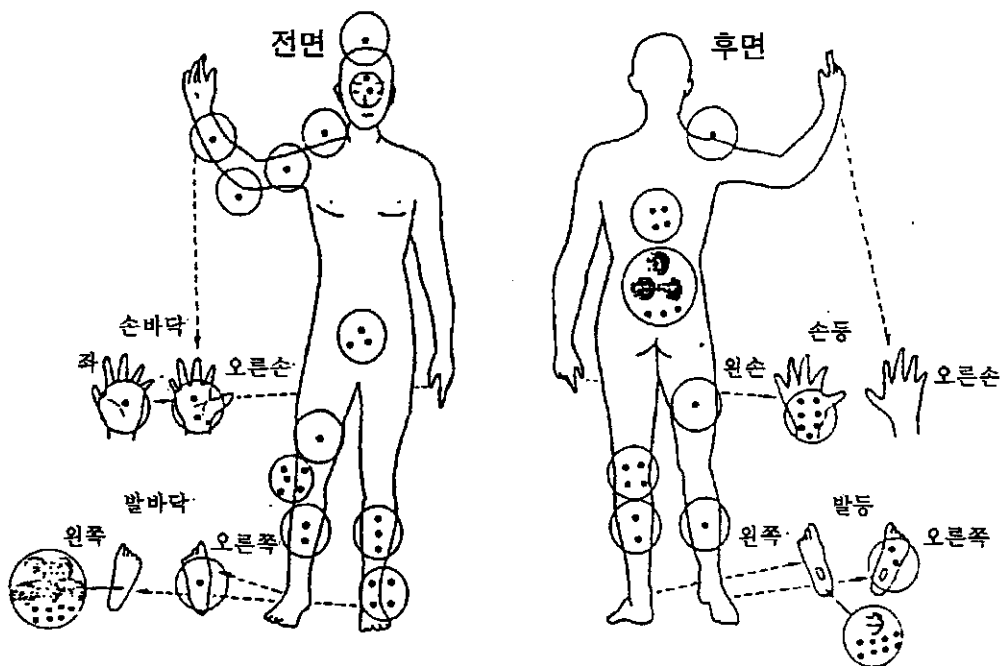
피로 부위에 대하여는 <그림 2-1>과 같이 시각적인 표현에 따라 정리한다. 피로 증상은 육체적 피로, 정신적 피로 및 신경, 감각적 피로의 각 성분별 비율을 산출한다.



〈그림 2-1〉 신체 피로부위 조사표

피로 성분의 비교 혹은 피로 성분중의 개개의 호소비교에는 각 호소비율을 <그림 2-2>과 같이 표현하여 그 패턴을 파악한다.

(바) 생체부담의 측정으로부터 구하는 특성치는 연령, 경험년수, 직종, 작업 시간대, 작업환경등에 따라 다른치를 나타내는 일이 있다. 따라서 이러한 속성별로 특성치를 구하여 놓는 일도 필요하다.



〈그림 2-2〉 작업자가 느끼는 피로부의 분포도

## 제 3장 근로자의 재해특성과 Human Factor

### 1. 기존 재해발생 유형

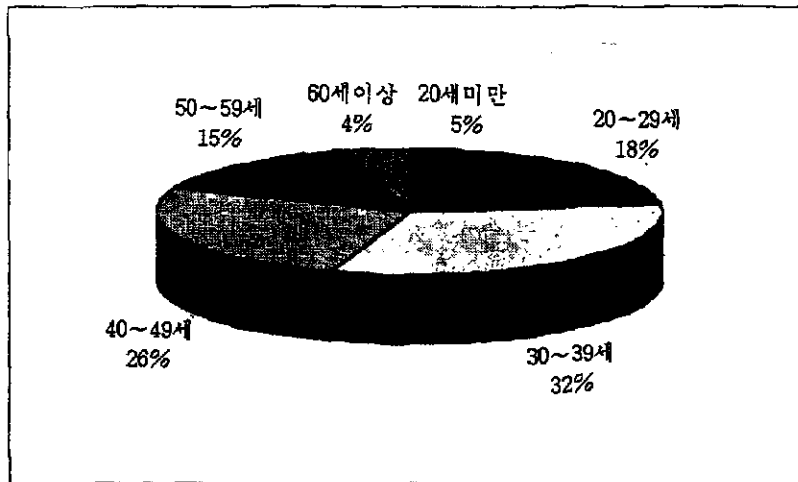
본 장에서는 「양극영외 5인, 건설현장의 작업측정을 통한 근로자 안전 대책에 관한 연구. 노동부, 1992.12」에 발표된 최종보고서 자료중 “산재 요양 신청서”를 중심으로 재해의 유형과 특성이 조사 분석되어 이미 통계 처리된 Spread sheet를 대상으로 하였다. 이는 서울 근교의 신도시 지역에 소재하고 있는 건설현장에서 발생한 데이터로서 모두 454건이다.

#### 가. 연령별 재해유형 분포

(표3-1)에서 제시한 피해자의 연령분포는 대체적으로 30대와 40대가 58%로 주류를 이루고 있으며 상대적으로 20대의 연소자와 60세 이후의 고령자가 포함되어 있어 이들에 대한 안전대책이 요구된다. 이중에서 건설업에서 연소자(20세이하)가 5%, 고령자(60세이상)는 4%로 구성비가 비교적 낮으나 고령화에 따른 재해의 심각성 측면에서 특별한 대책이 한층 요구된다.

(표 3-1) 재해피해자의 연령분포

| 연령     | 표본수 | %   |
|--------|-----|-----|
| 20세 미만 | 21  | 5   |
| 20~29세 | 83  | 18  |
| 30~39세 | 146 | 32  |
| 40~49세 | 121 | 26  |
| 50~59세 | 67  | 15  |
| 60세 이상 | 16  | 4   |
| 계      | 454 | 100 |



〈그림 3-1〉 재해피해자의 연령분포

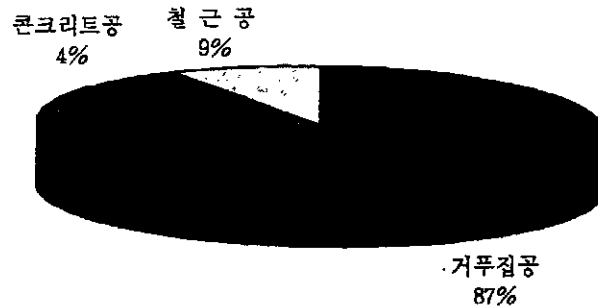
#### 나. 직종별 재해유형 분포

현장근로자를 비교적 비중이 큰 직종인 거푸집·철근·콘크리트를 중심으로 조사하였다.

직종별 재해빈도를 보면 거푸집공이 87.24%로서 가장 높게 나타나고 있으며 그 다음에 콘크리트, 철근 순으로 되어있음을 알 수 있다. 특히 거푸집공은 거푸집의 제작, 조립, 해체라는 다소 복잡한 과정을 내포한 작업이며 작업부위가 일정하지 않아 위험요소가 산재해 있는 경우가 많고, 작업형태 역시 기계하는 작업이기 때문으로 판단된다.

〈표 3-2〉 직종별 재해유형 분포

| 직 종       | 표 본 수 | %     |
|-----------|-------|-------|
| 거 푸 집 공   | 253   | 87.24 |
| 콘 크 리 트 공 | 12    | 4.14  |
| 철 근 공     | 25    | 8.62  |
| 계         | 290   | 100   |



〈그림 3-2〉 직종별 재해유형 분포

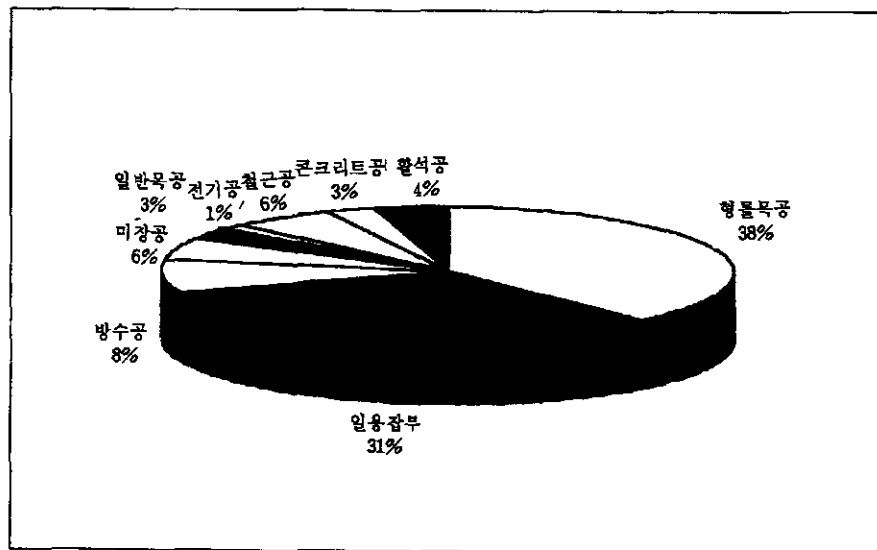
#### 다. 고령근로자 연령별 유형분포

건설현장 작업시 고령근로자가 차지하는 연령별 재해분포를 세 부류의 연령 군으로 살펴보고자 한다. (표3-3)과 <그림3-3>에서 보는 바와 같이 50~59세에서는 전체 표본수 71가지중 거푸집목공이 차지하는 재해의 비율이 38.03% 그 다음으로 일용잡부가 30.99%를 나타내고 있다. 여기에서 일용잡부란 거의가 거푸집목공을 중심으로한 조력공이라 생각되어 역시 공종별 재해 가운데 거푸집공이 차지하는 비율이 크다는 것을 보여준다.

그 다음으로 60~64세를 보면 표본 수는 적으나 이미 언급한대로 같은 양상을 띠고있다. 종합적으로 살펴볼 때 고령근로자가 점유하는 재해율은 비록 적은 분포이나 고령이라는 점에서 볼 때 재해의 심각성은 절대적이라는 결과에 이르는 것이다.

(표 3-3) 50~59세 재해자의 직종별분류

| 직 종       | 건 수 | 비 율 (%) |
|-----------|-----|---------|
| 형 틀 목 공   | 27  | 38.03   |
| 일 용 잡 부   | 22  | 30.99   |
| 방 수 공     | 6   | 8.45    |
| 미 장 공     | 4   | 5.63    |
| 일 반 목 공   | 2   | 2.82    |
| 전 기 공     | 1   | 1.41    |
| 철 근 공     | 4   | 5.63    |
| 콘 크 리 트 공 | 2   | 2.82    |
| 활 석 공     | 3   | 4.23    |
| 소 개       | 71  | 100     |



〈그림 3-3〉 50~59세 재해자의 직종별분류

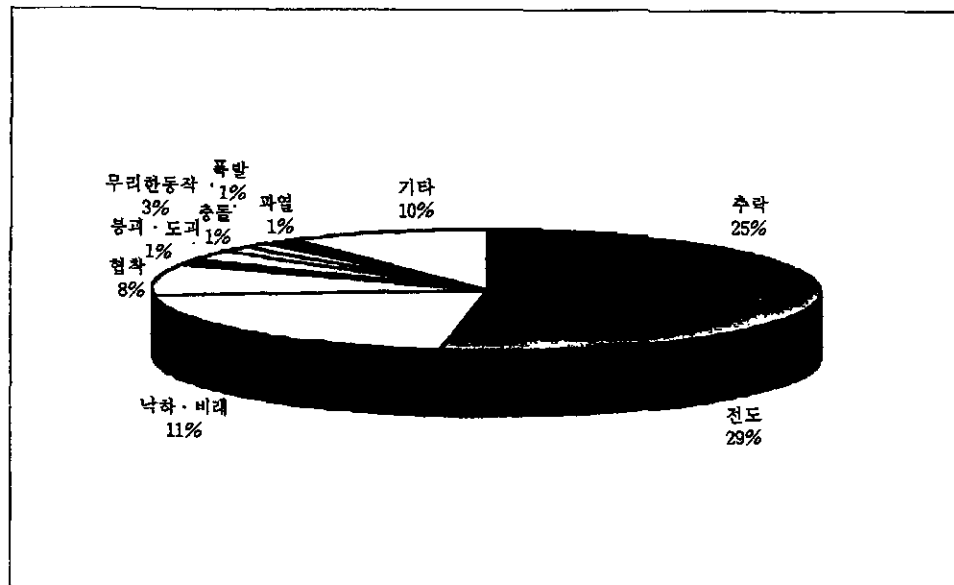
#### 라. 고령근로자 전체사고 유형별 분류

일반 건설현장에서 보는 고령자를 50~59세, 60~64세, 65세 이상으로 분류하였다. 사고의 유형을 보면 (표3-4), <그림3-4·5·6>에서 보는 바와 같이 전체적으로는 추락사고가 최우위를 점하고 있으며 연령군별로 살펴보면 50~59세는 표본수 71건중 전도가 28.17%에 달하고 있고 그 이하 추락, 낙하·비래 순으로 이어지고 있다. 그 외 60세 이상을 보면 표본수는

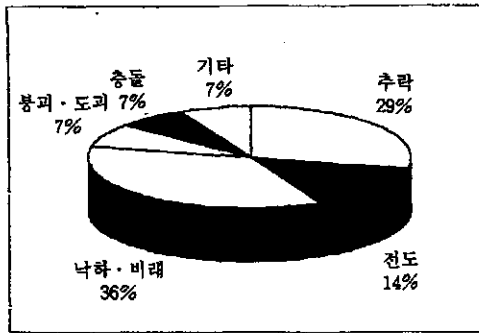
상대적으로 적으나 추락, 낙하·비래, 전도의 순으로 비슷한 양상을 보여 준다. 이것은 고령층이라는 특수연령이라는 점에서 일반적인 연령층보다 사전 안전 예방적 차원에서 고찰해야 할 과제라 할 수 있다.

(표 3-4) 전체사고자 재해유형별분류

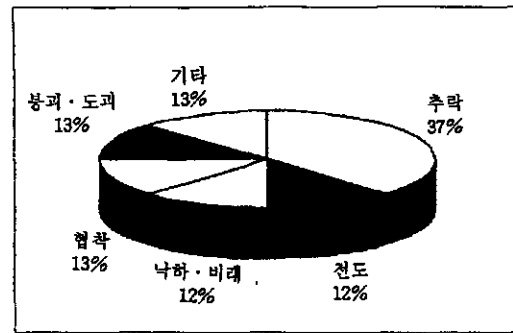
| 전체사고<br>유형분류 | 건<br>수 | (%)   | 50~59세<br>사고유형분류 | 건<br>수 | (%)   | 60~64세<br>사고유형분류 | 건<br>수 | (%)   | 65세이상<br>사고유형분류 | 건<br>수 | (%)  |
|--------------|--------|-------|------------------|--------|-------|------------------|--------|-------|-----------------|--------|------|
| 추락           | 24     | 25.81 | 추락               | 17     | 23.94 | 추락               | 4      | 22.22 | 추락              | 3      | 37.5 |
| 전도           | 23     | 24.73 | 전도               | 20     | 28.17 | 전도               | 2      | 11.11 | 전도              | 1      | 12.5 |
| 낙하, 비래       | 21     | 22.58 | 낙하, 비래           | 15     | 21.13 | 낙하, 비래           | 5      | 27.78 | 낙하, 비래          | 1      | 12.5 |
| 협착           | 7      | 7.53  | 협착               | 6      | 8.45  | 협착               | 0      | 0     | 협착              | 1      | 12.5 |
| 붕괴, 도괴       | 3      | 3.23  | 붕괴, 도괴           | 1      | 1.41  | 붕괴, 도괴           | 1      | 5.56  | 붕괴, 도괴          | 1      | 12.5 |
| 무리한동작        | 2      | 2.15  | 무리한 동작           | 2      | 2.82  | 무리한동작            | 0      | 0     | 무리한 동작          | 0      | 0    |
| 충돌           | 2      | 2.15  | 충돌               | 1      | 1.41  | 충돌               | 1      | 5.56  | 충돌              | 0      | 0    |
| 폭팔           | 1      | 1.08  | 폭팔               | 1      | 1.41  | 폭팔               | 0      | 0     | 폭팔              | 0      | 0    |
| 파열           | 1      | 1.08  | 파열               | 1      | 1.41  | 파열               | 0      | 0     | 파열              | 0      | 0    |
| 기타           | 9      | 9.68  | 기타               | 7      | 9.86  | 기타               | 1      | 5.56  | 기타              | 1      | 12.5 |
| 소계           | 93     | 100   | 소계               | 71     | 100   | 소계               | 18     | 100   | 소계              | 8      | 100  |



〈그림 3-4〉 50~59세 재해유형



〈그림 3-5〉 60~64세 재해유형



〈그림 3-6〉 65세이상 재해유형

## 2. Human Factor 적용에 관한 고찰

육체근로자 안전관리에 대하여는 개개인의 육체적 한계를 충분히 인지할 필요가 있다. 육체적 능력은 개인에 따라서 상당한 차이가 있기 때문에 이를 정량화하는 것은 대단히 어려운 문제이다.

더욱이 육체적 한계를 벗어나면 정신적, 심리적 압박으로 비정상적 행위에 이르게 됨으로 안전에 절대적 영향을 미치는 점에 착안해야 될 것이다. 특히 고령근로자에게 있어서 비정상작업 및 행위는 사전에 설비대책을 강구하기가 쉽지 않다. 따라서 고령근로자가 스스로 작업에 수반하는 위험을 인지하는 능력이나 회피능력은 젊은 층에 비하여 떨어지게 되는 것은 분명하다.

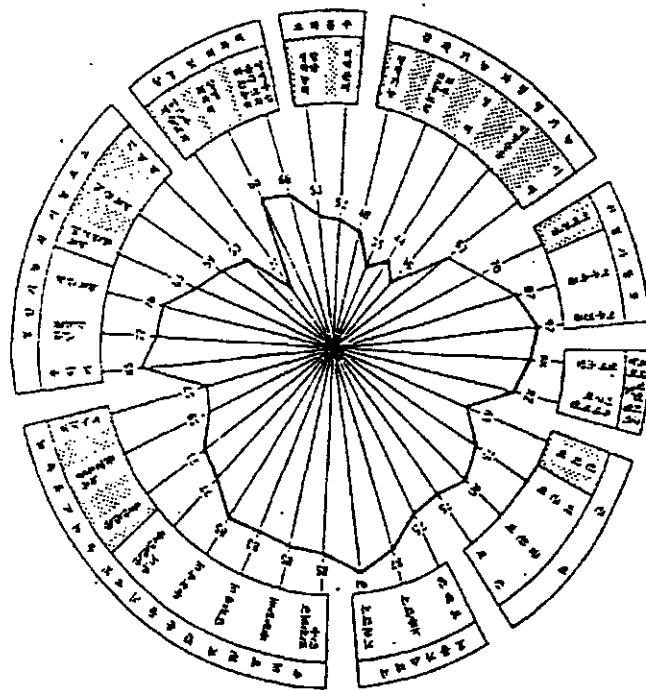
이는 신체적, 정신적 기능의 저하에 기인하는 것으로서 비정상적인 작업에서는 고령근로자 개인의 신체적 조직, 이를테면 손, 발, 허리 등을 이용하여 작업을 수행하는데 있어 작업바닥의 상황이나 조명, 소음, 작업공간 확보 등의 주변환경을 안전을 위한 적정배치 및 그에 따른 설비대책이 필요하다.

### 가. 고령화와 기능

신체기능면에서 고령의 현장근로자들은 각각의 기능간에 평형을 이룰 수 없다. 다음 그림〈2-7〉은 고령의 현장근로자를 일반적으로 55세에서부

터 59세 전후로 보았을때 20세에서부터 24세 까지의 최고기와 비교하여 어느 정도 기능이 저하 되는가를 제시한 그림으로 유명하다.(西島茂一: 中央労働災害防止協會, これからの安全管理, 平成 2 年) 특히 이 그림에서 바탕이 점으로 처리된 부분은 기능저하가 심함을 보여준다. 즉 고령근로자는 감각기능과 평형기능, 어깨 관절의 가동도, 신각력, 동작조절능력, 지능, 항병회복기능 등이 현저히 떨어짐을 보여준다. 이밖에 감정의 컨트롤, 창조력 등의 저하도 일부 보여주고 있다.

이상과 같은 고령근로자의 기능저하를 극복하기 위하여 일의량, 분담배치 및 근무시간대의 조정, 근로시간의 단축, 작업환경의 개선 등의 근로에 대하는 적응성을 증대시키는 것이 요구된다 할 수 있다.



〈그림 3-7〉 20~29세까지 최고기를 기준한 55~59세 연령자의 각종기능수준의 상대관계.

#### 나. 생리적 고찰

현장작업에서 건강한 성인남자(일반적으로 신장 173cm, 체중 73kg) 을

기준으로 할 때 개인에 따라서는 신체치수나, 휴식관계는 섭취에너지 차이에 따라 가변적일 수 있다. 인간은 1분 동안에 5kcal의 에너지의 변환능력과 25kcal의 축적능력을 갖는다. 기초대사(생명유지)에 약 1kcal/분이 필요하고 나머지 4kcal/분은 작업을 위해 사용된다. 이것은 에너지 4kcal/분 이하의 작업이면 장시간 작업을 계속할 수 있음을 말해주고 있다. 그러나 4Kcal/분 이상을 요하는 축적 분의 에너지가 소비되고 축적이 없을 때는 휴식이 필요하다.

25kcal의 축적 에너지의 보충은 3.5kcal/분이다. 이는 4kcal/분 즉 에너지 변환능력의 잉여분보다 0.5kcal/분이 적다. 따라서 1분 동안에 최대  $29((4 \times 1) + 25)$ kcal를 소비할 수 있고 휴식이 요할 때까지의 일에 대하여는 10분 동안에  $65((4 \times 10) + 25)$ kcal가 필요하다.

이 경우에는 7분간 ( $25/3.5 = 7.01$ )의 휴식이 필요한 셈이다.

## 제 4장 근로자의 생체부담

### 1. 심박수 및 피로도 고찰

근로자에 있어서 생체부담이란 작업에 의한 생체의 반응을 포착함으로써 개인이 육체적, 정신적으로 느끼는 변동의 추이를 가름하고 신체에 가해지는 부하로 인한 생체부담의 크기를 평가하는 것이다. 이때에 생체부담의 특성치를 구해야 하는데 기준치는 통상 작업전 혹은 작업후 안정상태의 기록에서 얻을 수 있다. 작업전의 안정상태는 측정에 대하는 불안감에서 제거되기 때문에 본래의 안정상태에 근접한 측정치를 얻는 경우도 있다.

#### 가. 심박수 고찰

독일의 Max Plank 연구소의 E. A. Muller가 이끄는 인간공학 연구소에서는 일반적으로 1분당 6박의 심박증가는 인간이 장기간 작업한 상태에

서 육체 피로상 위험신호라고 지적하고 있다. Muller는 일시적 심박증가에서 회복하는 신체능력을 측정하기 위한 지표를 제안하고 있다. 예를 들면 안정시의 심박수가 80박/분, 작업시의 심박수가 120박/분이면 작업종료후 120박/분에서 80박/분으로 되돌아가기까지의 심박수 증가분의 누계가 총 심박수가 된다고 한다. 이러한 치수가 100이상이면 작업레벨이 허용한도를 넘음을 말해준다.

#### 나. 피로도 고찰

피로자각증상조사는 신체자각피로부위조사와 자각적 피로증상의 조사 두 가지로 나눌 수 있다. 피로에는 육체적 피로, 정신적 피로 및 권태가 있다. 에너지를 공급하는 육체적 능력에는 한계가 있기 때문에 육체적 피로가 가장 보편적으로 거론될 수 있다. 정신적 피로는 장시간 높은 집중력을 유지하지 못하는 상태이고 권태는 일에 대한 집중력의 저하를 초래하는 것으로 육체적, 정신적 인자도 아닌 상태를 말한다.

보편적으로 이해되는 육체적 피로 가운데 피로부위, 피로증상과 함께 개별호소와 전체호소(신체 각 부위 및 전체적인 상태에서의 호소)에 대한 샘플의 비율로서 파악될 수 있다. 이것은 작업으로 인한 신체에 생기는 부담을 기준으로 하여 안정상태와 비교하여 측정치를 산출하기도 한다. 생체부담의 측정치 종류로는 ① 작업시 평균심박수및 안정시에 대하는 증가율 ② 에너지 대사율(RMR) ③ 체중당 에너지 소비량 ④ 프랙커치의 일간 및 주간저하율 ⑤ 피로자각증상 호소율 등이다.

## 2. 심박수 측정

심박수의 측정은 일반현장 근로자의 심박수 상태의 정도를 파악하기 위함이다. 심박수 측정대상자의 연령을 22세에서부터 43세까지의 거꾸집 목공으로 하였다. 심박수 측정 기기는 전용 휴대형 데이터 레코더를 사용하

였다. 조사방법으로는 심전파형의 R파의 수를 카운터로 계수하고 R파의 간격을 연속으로 하여 평균심박수(박/분)로 표시하는 형식을 취하였다.

측정시간은 비교적 이른 아침에 출근하는 것이 관행적이므로 07시를 시작으로 근로자들의 간식(새참)이 끝나고 11시직후 그리고 오후 간식시간인 15시전후로 하였다.

9명의 근로자 평균연령은 29세이며 평균신장은 174.3cm, 평균체중은 70kg의 비교적 건강한 근로자들이었다. 현장 심박측정은 시간별 작업직후로 하였고 1분간의 휴식후 같은 방법으로 측정하였다.

심박수 증가율(%) = (작업시 평균심박수 - 안정시 평균심박수 / 안정시 평균심박수) × 100

으로 환산한 결과 07:00시에는 심박수증가율이 약 -1.5%, 11:00시에는 0%로 보이다가 15:00시에 약 -1.4%를 보이고 있어 점심전후에 증가하는 경향을 나타내었다.

이러한 마이너스 수치는 작업직후와 안정시가 아닌 작업이 진행중 휴식으로 이어지므로 안정시의 평균심박수와는 개념을 달리할 수 있다고 생각된다.

(표 4-1) 작업자심박수 측정결과

| 측정시간         | 07:00 |     | 11:00 |     | 15:00 |     | 연령         |
|--------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|------------|
| 측정시점         | 작업직후  | 휴식후 | 작업직후  | 휴식후 | 작업직후  | 휴식후 |            |
| 심박수<br>(박/분) | 60    | 62  | 67    | 72  | 64    | 63  | 22         |
|              | 64    | 64  | 65    | 66  | 64    | 66  | 22         |
|              | 75    | 79  | 50    | 50  | 68    | 62  | 22         |
|              | 63    | 63  | 69    | 66  | 62    | 67  | 23         |
|              |       |     | 65    | 65  | 75    | 75  | 28         |
|              | 60    | 60  | 52    | 52  | 60    | 65  | 42         |
|              | 65    | 65  | 65    | 65  | 79    | 79  | 43         |
| 평균심박수        | 65    | 66  | 62    | 62  | 67    | 68  | 평균연령<br>29 |



〈그림 4-1〉 현장측정사진

(표 4-1)의 심박수 측정에 의한 심박 증감비율을 분석해 보면 다음과 같은 경향을 알 수 있으나 몇 개의 측정치에 의해 전체를 판단하기는 어렵다.

따라서 연령별, 신체지수별, 시간대별, 작업부위, 작업구간별로 구분하여 폭넓은 조사 분석을 함으로서 입증이 가능 할 것으로 판단 된다.

1) 작업자 개인의 시간대별 작업부담은 작업직후의 측정치와 잠깐 휴식 후의 측정치인 <그림 4-2, 3> 작업의 시간대별 부담은 11시경을 피크타임, 오후 3시경을 가장 피로한 시간으로 볼때 피크시의 심박수 증가 및 감소치는 작업강도에 따른 영향으로 보이며, 오후 3시경의 측정치에서 심박수의 회복상태를 보이는 것은 피로에 의한 작업강도의 저하가 원인인 것으로 판단된다.

또한 <그림 4-3>을 보면 작업직후에 대비 약간의 휴식을 취한후의 심박 증감치가 전체적으로 고르게 안정상태를 보이는 현상은 피로시 약간의 휴

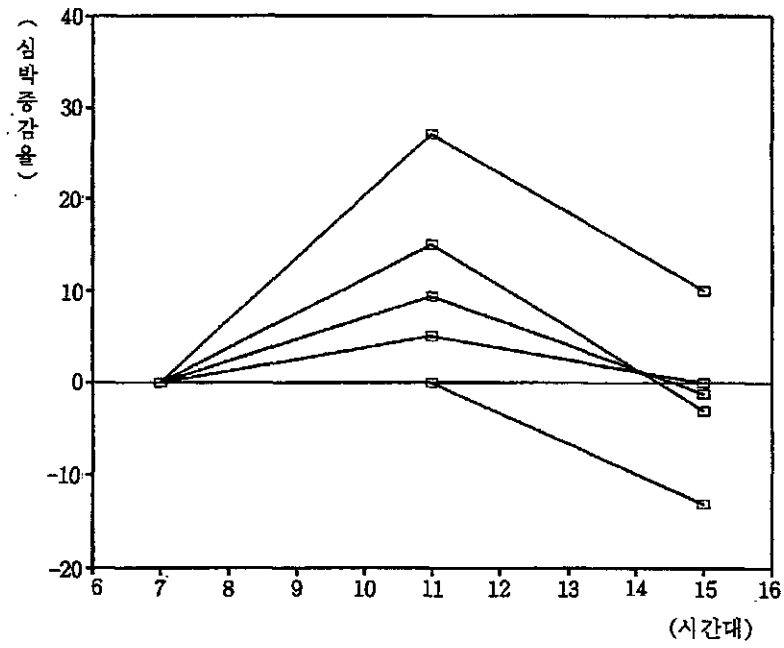
식을 취함으로서 신체부담능력의 회복을 보이는 것으로 판단됨으로 일일 시공사이클의 조정 등 조치를 필요로 한다.

2) <그림 4-4, 5> 시간대.작업구간 별 심박수 증감치에 의하면, 수직, 수평, 고소작업에 따른 육체적 부담이 있을 것으로 판단하였으나 특별한 관계는 보이고 있지않다.

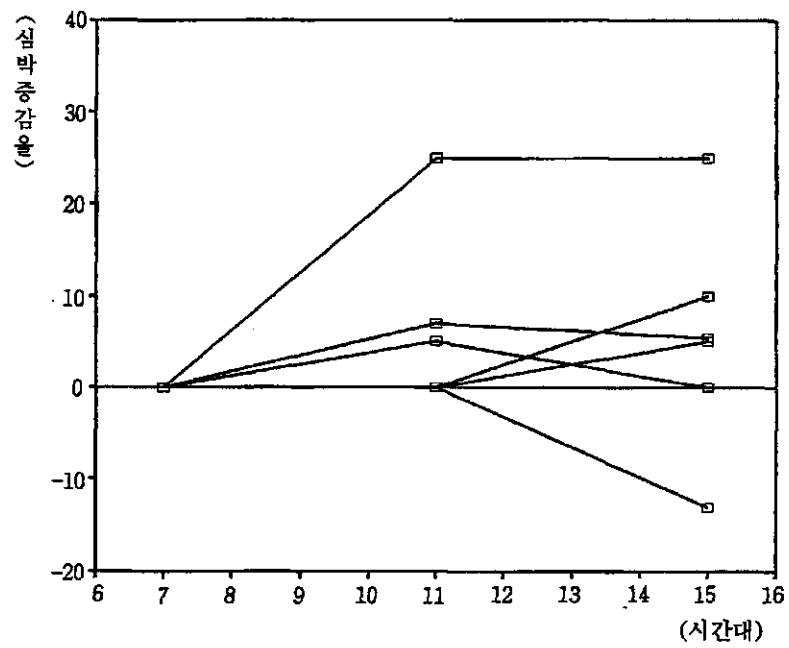
그러나 <그림 4-4>를 보면 피크타임시 전반적인 심박의 증가추세를 볼 때 작업자체의 강도에 대한 긴장상태를 보이고 있으며, 대체적으로 저층부 보다는 고층부에서의 긴장상태를 보이고 있다. 반면 <그림 4-5>의 피로타임 경우를 보면 심박증감치가 난조를 보이고 있는 현상으로 미루어 작업 강도의 저하로 긴장이 느슨한 상태를 보이는 것이 작업구간에 관계없이 나타나고 있다.

따라서 Etienne grandjean의 연구결과에서도 언급이 되었지만 하루중 가장 피로 시인 2~3시경 안전사고 예방을 위한 작업자의 긴장을 유도 할 수 있는 조치의 필요성이 있다.

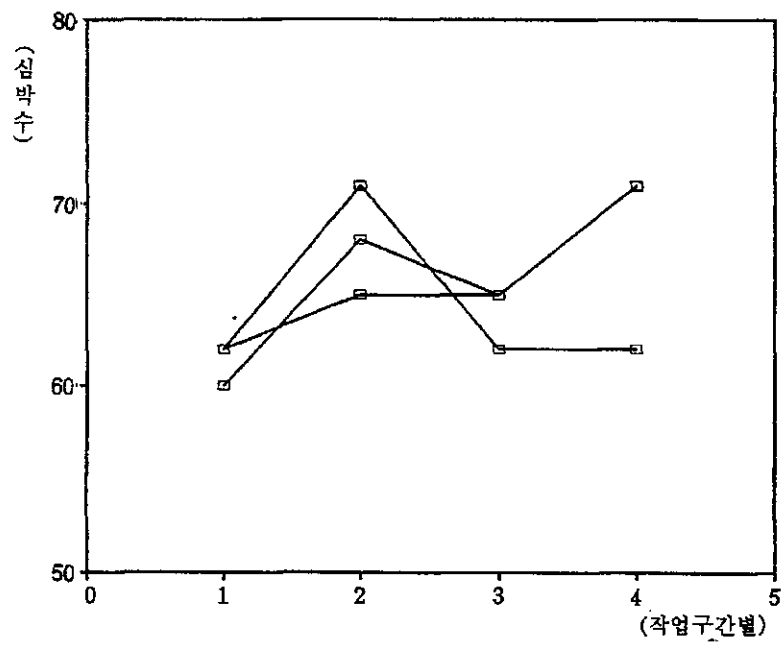
3) 작업자의 평균 심박 증감치<그림 4-6>을 보면 신장대비 체중이 적은 근로자에게 두드러지는 경향을 보이고 있으나 연령별, 신체지수별에 의한 측정치의 보완을 필요로 한다.



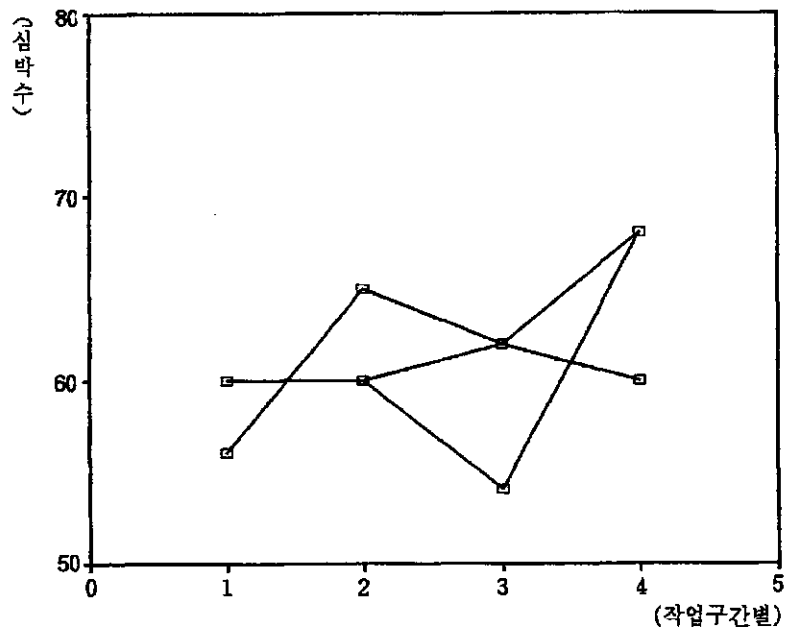
〈그림 4-2〉 작업시간대별 심박수 증감율 (작업직후)



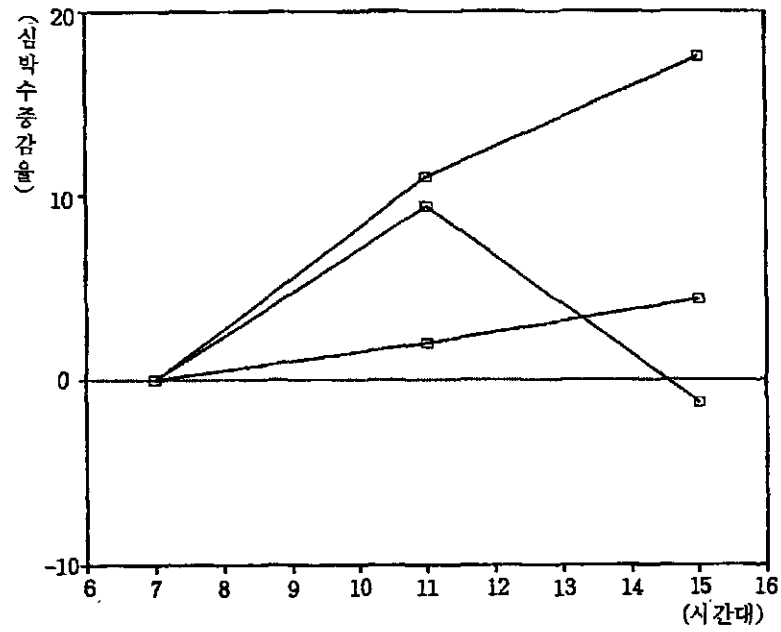
〈그림 4-3〉 작업시간대별 심박수 증감율 (휴식후)



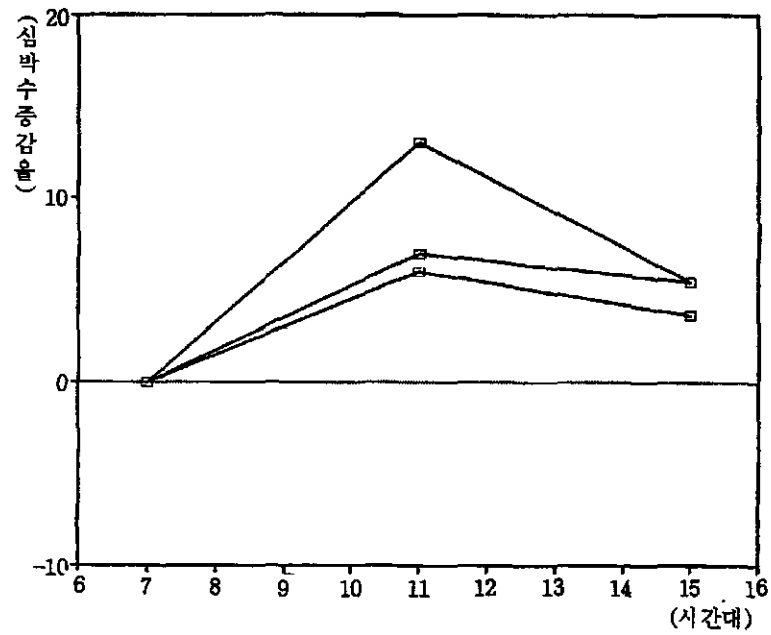
〈그림 4-4〉 피크타임의 작업구간별 심박수 증가치



〈그림 4-5〉 피로시간대 작업구간별 심박수 증가율



〈그림 4-6〉 시간대별 심박수 증가율 (작업직후 · 평균치)



〈그림 4-7〉 시간대별 심박수 증가율 (휴식후 · 평균치)

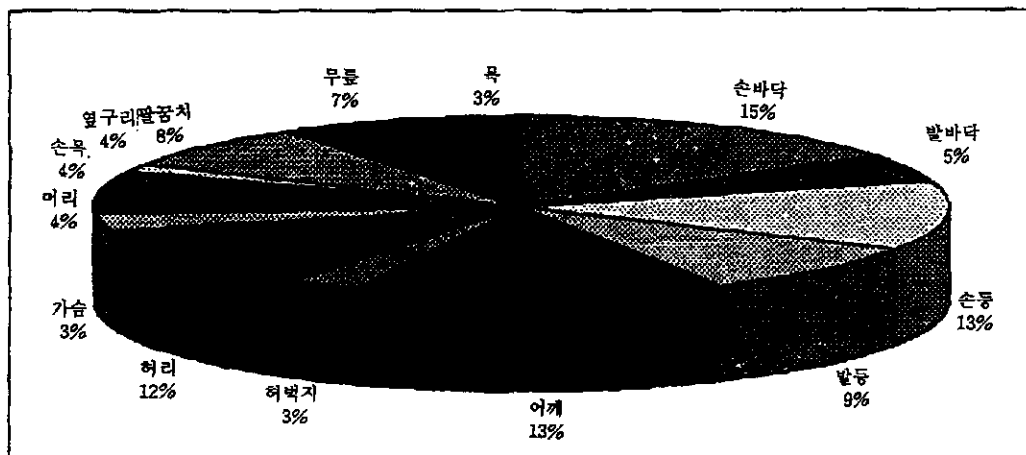
### 3. 신체자각피로부위조사

신체자각피로부위조사는 현장근로자들이 곧바로 알아볼 수 있는 신체피로부위조사표<그림2-1>를 작성하여 배포하였다. 총 400매의 설문중 232매를 회수하여 분석하였다.

연령 군의 분류는 20~29세, 30~39세, 40~49세, 50~59세로 하였고 60세이상은 1명이므로 삭제하였다.

(표 4-2) 전체거꾸림공의 피로부위

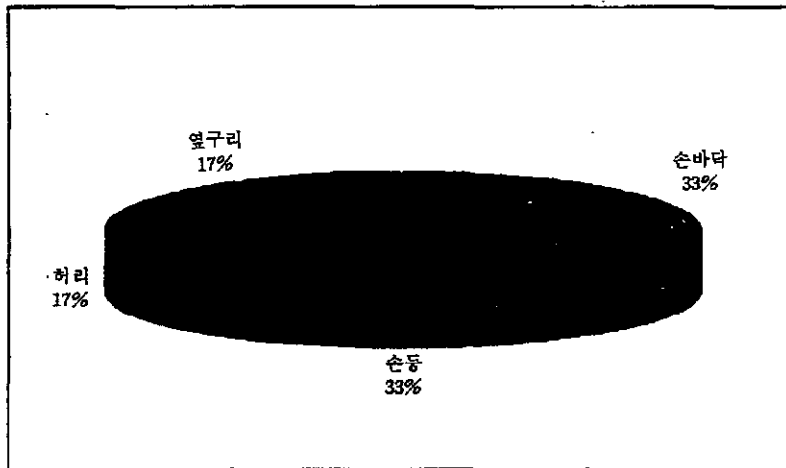
| 형틀공사자<br>피로부위 | 손바닥    | 발바닥   | 손등   | 발등   | 어깨   | 허벅지   | 허리   | 가슴   | 머리   | 손목   | 옆구리  | 팔꿈치   | 무릎  | 목 | 소계  |
|---------------|--------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|-----|---|-----|
| 건 수           | 36     | 12    | 29   | 21   | 33   | 6     | 27   | 7    | 9    | 9    | 3    | 18    | 16  | 6 | 232 |
| 비율(%)         | 15.517 | 5.172 | 12.5 | 9.05 | 14.2 | 2.586 | 11.6 | 3.02 | 3.88 | 3.88 | 1.29 | 7.759 | 6.9 | 3 | 100 |



〈그림 4-8〉 전체거꾸림공의 피로부위별 분포

(표 4-3) 20~29세 거꾸림공의 피로부위

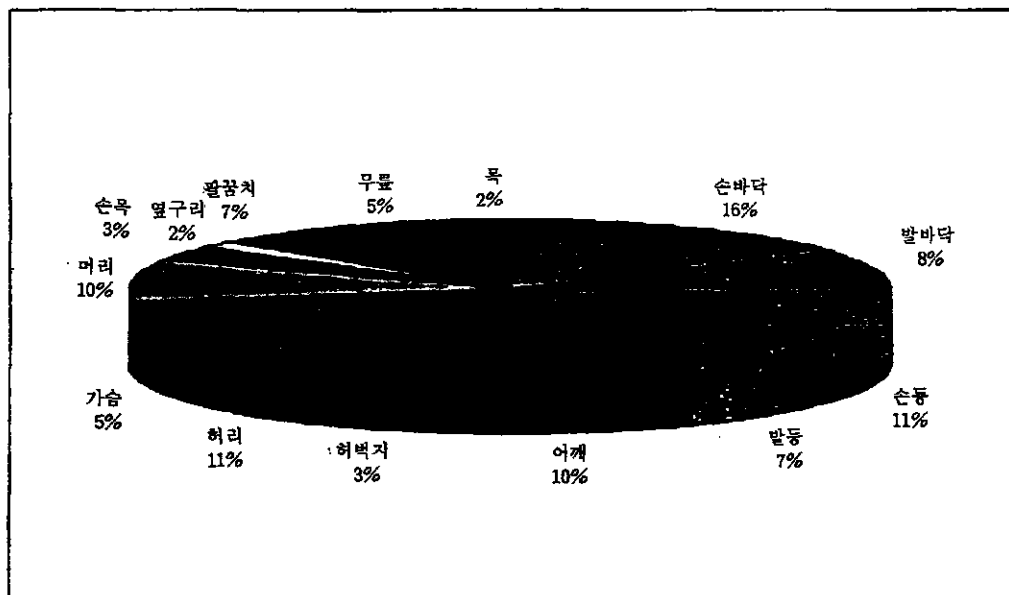
| 20~29세 피로부위 | 손바닥   | 손등    | 가슴    | 옆구리   | 소계  |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 건 수         | 2     | 2     | 1     | 1     | 6   |
| 비율 (%)      | 33.33 | 33.33 | 16.67 | 16.67 | 100 |



〈그림 4-9〉 20~29세 거푸집공의 피로부위별 분포

(표 4-4) 30~39세 거푸집공의 피로부위

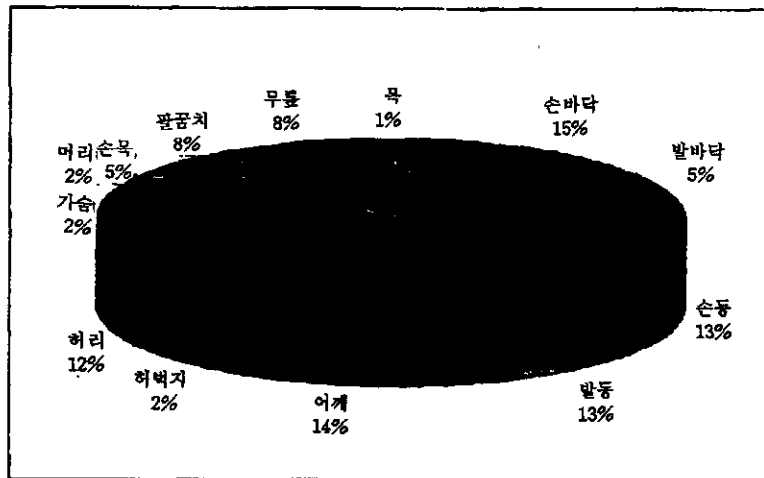
| 30~39세<br>피로부위 | 손바닥   | 발바닥  | 손등    | 발등   | 어깨   | 허벅지  | 허리    | 가슴   | 머리   | 손목   | 옆구리  | 팔꿈치  | 무릎   | 목    | 소계  |
|----------------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 건 수            | 10    | 5    | 7     | 4    | 6    | 2    | 7     | 3    | 6    | 2    | 1    | 4    | 3    | 1    | 61  |
| 비율(%)          | 16.39 | 8.20 | 11.48 | 6.56 | 9.84 | 3.28 | 11.48 | 4.92 | 9.84 | 3.28 | 1.64 | 6.56 | 4.92 | 1.64 | 100 |



〈그림 4-10〉 30~39세 거푸집공의 피로부위별 분류

(표 4-5) 40~49세 거꾸집공의 피로부위

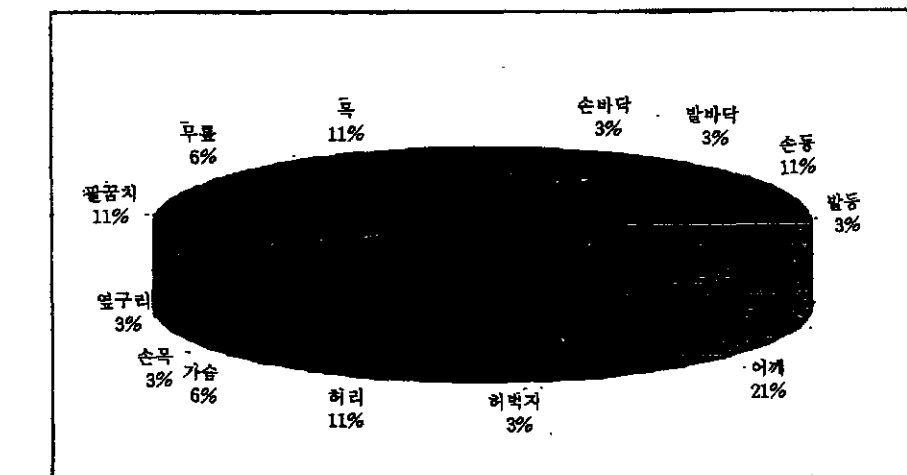
| 40~49세<br>피로부위 | 손바닥   | 발바닥   | 손등   | 발등   | 어깨    | 허벅지  | 허리     | 가슴    | 손목   | 옆구리  | 팔꿈치  | 무릎   | 목    | 소계  |
|----------------|-------|-------|------|------|-------|------|--------|-------|------|------|------|------|------|-----|
| 건 수            | 21    | 6     | 16   | 16   | 19    | 3    | 15     | 2     | 3    | 6    | 10   | 10   | 1    | 128 |
| 비율(%)          | 16.41 | 4.688 | 12.5 | 12.5 | 14.84 | 2.34 | 11.719 | 1.563 | 2.34 | 4.69 | 7.81 | 7.81 | 0.78 | 100 |



〈그림 4-11〉 40~49세 거꾸집공의 피로부위별 분포

(표 4-6) 50~59세 거꾸집공의 피로부위

| 50~59세<br>피로부위 | 손바닥  | 발바닥  | 손등    | 발등   | 어깨    | 허벅지  | 허리    | 가슴   | 머리   | 손목   | 옆구리   | 팔꿈치  | 무릎    | 소계  |
|----------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-----|
| 건 수            | 3    | 1    | 4     | 1    | 8     | 1    | 4     | 2    | 1    | 1    | 4     | 2    | 4     | 36  |
| 비율(%)          | 8.33 | 2.78 | 11.11 | 2.78 | 22.22 | 2.78 | 11.11 | 5.56 | 2.78 | 2.78 | 11.11 | 5.56 | 11.11 | 100 |



〈그림 4-12〉 50~59세 거꾸집공의 피로부위별 분포

먼저 전체근로자 232명 가운데 특성치를 순위별로 보면 손바닥, 어깨, 손등, 허리 순으로 나타났다.

여기서 특이한 것은 손등이 아프다라고 하는 숫자가 의외로 많다는 점이다.

연령별로 보면 20~29세에서는 손바닥, 손등순으로 나타났고 30~39세에서는 손바닥이 일순위 이었고 그 다음이 손등과 허리가 같은 비율을 보였다.

40~49세에서는 손바닥, 어깨, 손등, 발등순으로 되어있고 특이한 것은 이 연령에서는 어깨가 상당한 비율을 점하고 있다.

마지막으로 50~59세에서는 어깨가 일순위였고 허리, 손등, 손바닥 순으로 나타나 고령일수록 어깨가 피로한 경향을 보이고 있다.

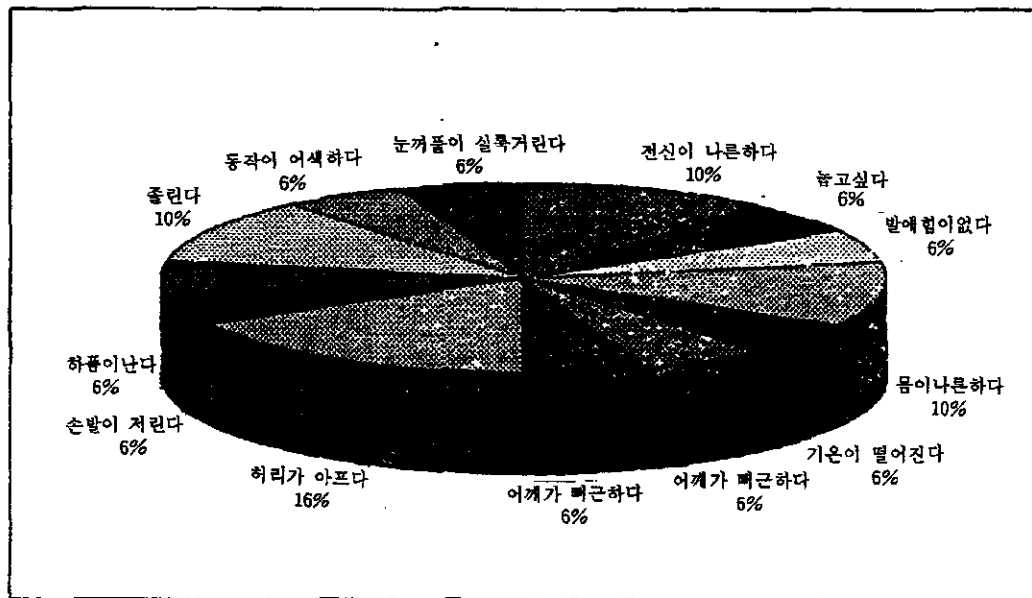
#### 4. 자각적 피로증상의 조사

자각적 피로증상의 조사는 자각적 증상조사표를 작성하여 현장근로자를 대상으로 조사하였으며 총 400매의 설문중 232매를 회수하여 분석하였다.

연령군의 분류는 신체자각피로부위조사와 마찬가지로 20~29세, 30~39세, 40~49세, 50~59세의 네부류로 하였다.

(표 4-7) 20~29세 거꾸집공의 피로자각증상 (%)

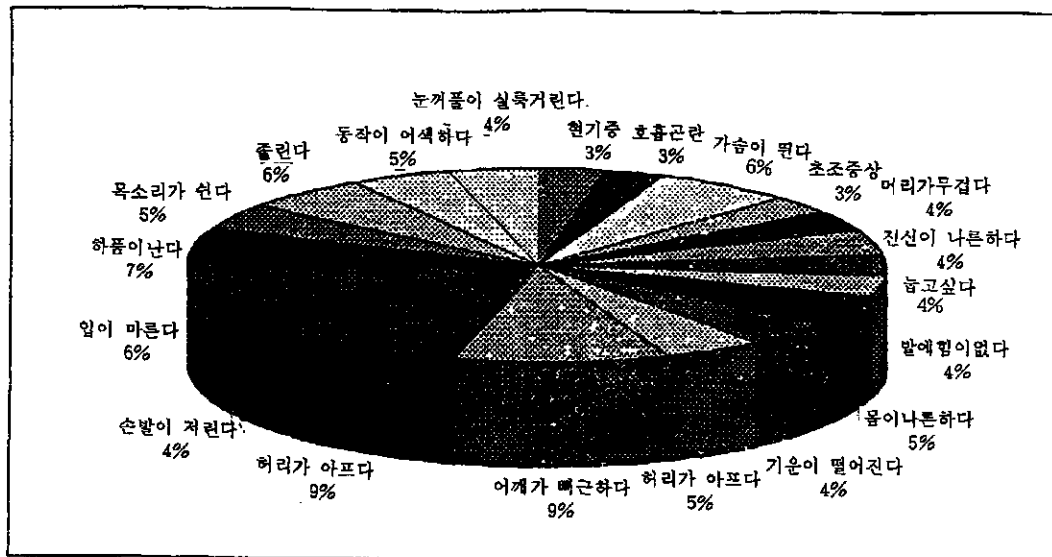
| 자 각 증 상  | 피로도   | 자 각 증 상    | 피로도   |
|----------|-------|------------|-------|
| 현기증      | 0     | 머리가 아프다    | 0     |
| 호흡곤란     | 0     | 어깨가 뻣근하다   | 5.88  |
| 가슴이 뻐다   | 0     | 허리가 아프다    | 17.65 |
| 초조증상     | 0     | 손발이 저린다    | 5.88  |
| 머리가 무겁다  | 0     | 입이 마른다     | 0     |
| 전신이 나른하다 | 11.76 | 하품이 난다     | 5.88  |
| 눅고 싶다    | 5.88  | 목소리가 쉰다    | 0     |
| 발에 힘이 없다 | 0     | 졸린다        | 11.76 |
| 몸이 나른하다  | 11.76 | 동작이 어색하다   | 5.88  |
| 기운이 떨어진다 | 5.88  | 눈꺼풀이 실룩거린다 | 5.88  |



〈그림 4-13〉 20~29세 거꾸집공의 피로자각증상의 분포

(표 4-8) 30~39세 거푸집공의 피로자각증상 (%)

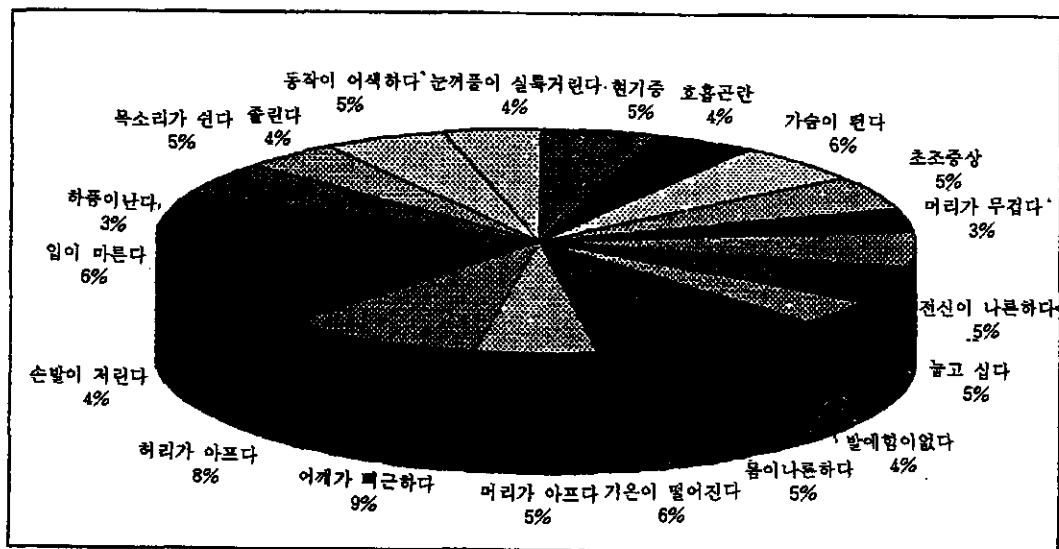
| 자 각 증 상  | 피로도  | 자 각 증 상    | 피로도  |
|----------|------|------------|------|
| 현기증      | 2.92 | 머리가 아프다    | 4.68 |
| 호흡곤란     | 2.92 | 어깨가 뻣근하다   | 9.94 |
| 가슴이 뻐다   | 6.43 | 허리가 아프다    | 9.36 |
| 초조증상     | 2.92 | 손발이 저리다    | 4.09 |
| 머리가 무겁다  | 3.51 | 입이 마른다     | 6.43 |
| 전신이 나른하다 | 4.09 | 하품이 난다     | 7.02 |
| 눅고 싶다    | 3.51 | 목소리가 쉰다    | 4.68 |
| 발에 힘이 없다 | 3.51 | 졸린다        | 5.58 |
| 몸이 나른하다  | 5.26 | 동작이 어색하다   | 4.68 |
| 기운이 떨어진다 | 4.09 | 눈꺼풀이 실룩거린다 | 4.09 |



〈그림 4-14〉 30~39세 거푸집공의 피로자각증상의 분포

(표 4-9) 40~49세 거푸집공의 피로자각증상 (%)

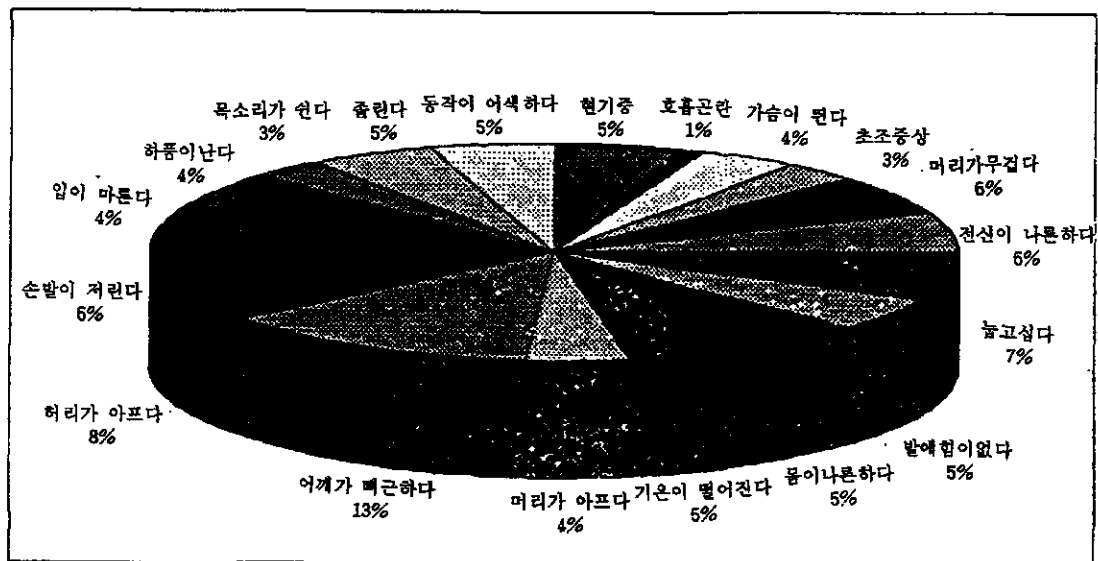
| 자 각 증 상  | 피로도  | 자 각 증 상    | 피로도  |
|----------|------|------------|------|
| 현기증      | 5.11 | 머리가 아프다    | 5.11 |
| 호흡곤란     | 4.22 | 어깨가 뻣근하다   | 8.67 |
| 가슴이 뻥다   | 5.56 | 허리가 아프다    | 7.78 |
| 초조증상     | 5.11 | 손발이 저린다    | 4.44 |
| 머리가 무겁다  | 3.33 | 입이 마른다     | 4    |
| 전신이 나른하다 | 5.11 | 하품이 난다     | 4.42 |
| 눅고 싶다    | 5.11 | 목소리가 쉰다    | 4.67 |
| 발에 힘이 없다 | 3.78 | 졸린다        | 4.22 |
| 몸이 나른하다  | 4.67 | 동작이 어색하다   | 5.11 |
| 기운이 떨어진다 | 5.56 | 눈꺼풀이 실룩거린다 | 4.22 |



〈그림 4-15〉 40~49세 거푸집공의 피로자각증상의 분포

(표 4-10) 50~59세 거꾸집공의 피로자각증상 (%)

| 자 각 증 상  | 피로도 | 자 각 증 상    | 피로도 |
|----------|-----|------------|-----|
| 현기증      | 5   | 머리가 아프다    | 4   |
| 호흡곤란     | 1   | 어깨가 뻣근하다   | 13  |
| 가슴이 뻐다   | 4   | 허리가 아프다    | 8   |
| 초조증상     | 3   | 손발이 저린다    | 6   |
| 머리가 무겁다  | 6   | 입이 마른다     | 6   |
| 전신이 나른하다 | 6   | 하품이 난다     | 3   |
| 눅고 싶다    | 7   | 목소리가 쉰다    | 3   |
| 발에 힘이 없다 | 5   | 졸린다        | 5   |
| 몸이 나른하다  | 5   | 동작이 어색하다   | 5   |
| 기운이 떨어진다 | 5   | 눈꺼풀이 실룩거린다 | 0   |



〈그림 4-16〉 50~59세 거꾸집공의 피로자각증상의 분포

근로자의 자각적 증상분석의 결과 20대에서는 허리가 아프다, 몸이 나른 하다는 순으로 나타났고 30대에서는 허리가 아프다, 어깨가 뻣근하다. 40 대에서는 어깨가 뻣근하다, 허리가 아프다. 50대에서는 어깨가 뻣근하다, 허리가 아프다로 나타나 제4장 3절의 신체자각피로부위조사에서와 같은

결과를 보였으며 특히 고령자일수록 어깨의 통증이 심함을 알 수 있다.

이상의 분석결과와 <그림 3-7>의 20~29세까지 최고기를 기준한 55~59세 연령자의 각종기능수준의 상대관계표에서 나타난 “고령자의 경우 어깨관절의 가동능력이 최고기의 70% 밖에 되지 않는다”는 점을 고려할 때 고령자의 거푸집작업 배치는 피하는 것이 재해예방에 효과적이라는 것을 알 수 있다.

## 제 5장 결 론

작업부하가 큰 거푸집목공을 중심으로 한 측정과 조사를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 건축현장에서 주공정으로 볼 수 있는 거푸집공, 콘크리트공, 철근공 등 주로 골조공사에서 발생하는 재해는 대부분이 거푸집 목공이라는 점에서 볼때, 거푸집공사의 공정을 세분화하여 Human Factor를 고려한 작업능률 측정 등을 통해 작업표준화를 필요로 한다.

2) 고령근로자 전체사고 유형은 추락사고가 최우위를 차지하고 있어 작업배치에 있어서 고소작업 등에는 연령을 고려한 적정부위 배치가 절대적으로 요구된다.

3) 현장근로자의 작업부하에 따른 생체부담 측정치에서는 비교적 건강한 근로자를 대상으로 한 결과 특성치는 두드러지지 않았으나, 시간대 별로 심박수 증가율이 오후 3시를 전후로 나타나고 있으므로 작업시간을 고려한 시간대별 작업시간조정이 고려되어야 할 것이다. 예로서 일일 시공사이클의 조정 등에 의해 피로에 의한 권태감이나 해이해진 긴장감의 조절이 필요하다.

4) 신체부위 조사표 분석에서 얻어진 결론인 저연령 일수록 손바닥, 손 등, 허리가 피곤하다는 점과 고령일수록 어깨가 아프다는 점으로 볼때 연령을 고려한 작업배치 및 작업방법을 통해 효율성 있고 안정적인 작업개선이 시급히 요구된다.

<참고문헌>

1. 양극영외, 건설현장의 작업측정을 통한 근로자안전대책에 관한 연구, 노동부, 1992
2. 손기상, 건설공사안전해석론, 기문당, 1990
3. 이순요, 작업관리, 박영사, 1992
4. 이진규, 동작 및 시간연구, 녹원출판사, 1986
5. 한국건설안전기술협회, 건설안전관리, 1991
6. 양극영외, 건축공사의 안전관리 개발에 관한 연구, 원광대논문집, 1995
7. 양극영외, 거푸집공사의 발생재해 및 안전대책에 관한 조사연구, 원광대논문집, 1994
8. 日本建築學會, 作業測定指針, 日本建築學會, 1990
9. 西島茂一, これからの安全管理, 中央労働災害防止協會, 平成 2 年
10. 橋本邦衛, 安全人間工學, 中央労働災害協會, 平成 2年
11. BAKER, B, N, Introduction to PERT/CPM, IRWN INC - 1964
12. O' BRIEN, CPM in Construction Management, McGRAW - HILL, 1971

# 부 록

1. 심박수 측정치

2. 신체 피로부위 및 자각증상 조사표

여 백

## 1995. 5.23 대우 삼학아파트

최진갑 형틀목공 22세 175cm 73kg

전영문 형틀목공 22세 182cm 72kg

황기홍 형틀목공 23세 176cm 79kg

표 1 황 기 홍

| 일<br>시간 | 5월 23일 |    | 5월 25일 |    | 5월 26일 |    | 5월 27일 |    | 5월 29일 |    |
|---------|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 07 : 00 | 62     | 60 | 62     | 62 | 68     | 68 | 62     | 62 | 62     | 62 |
| 11 : 00 | 79     | 75 | 60     | 60 | 68     | 68 | 65     | 62 | 71     | 65 |
| 15 : 00 | 68     | 75 | 60     | 68 | 60     | 60 | 62     | 68 | 60     | 62 |

표 2 전 영 문

| 일<br>시간 | 5월 23일 |    | 5월 25일 |    | 5월 26일 |    | 5월 27일 |    | 5월 29일 |    |
|---------|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 07 : 00 | 56     | 60 | 62     | 62 | 58     | 60 | 65     | 65 | 60     | 65 |
| 11 : 00 | 68     | 71 | 62     | 65 | 65     | 71 |        |    | 71     | 79 |
| 15 : 00 | 79     | 68 | 60     | 60 | 60     | 60 | 54     | 58 | 68     | 68 |

표 3 최 진 갑

| 일<br>시간 | 5월 23일 |    | 5월 25일 |    | 5월 26일 |    | 5월 27일 |    | 5월 29일 |    |
|---------|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| 07 : 00 | 65     | 68 | 62     | 65 | 68     | 65 | 62     | 60 | 62     | 62 |
| 11 : 00 | 68     | 68 | 62     | 60 | 71     | 71 | 62     | 62 | 62     | 68 |
| 15 : 00 | 68     | 68 | 56     | 68 | 65     | 65 | 62     | 62 | 68     | 68 |

## 1995.11. 6 두산 석계아파트

김종식 형틀목공 22세 170cm 65kg

서영석 형틀목공 28세 168cm 60kg

최규홍 형틀목공 43세 172cm 60kg

김순철 형틀목공 42세 177cm 80kg

표 4 김 종 식

| 시간 \ 일  | 11월 6일 |    |
|---------|--------|----|
| 07 : 00 | 75     | 79 |
| 11 : 00 | 50     | 50 |
| 15 : 00 | 68     | 62 |

표 5 서 영 석

| 시간 \ 일  | 11월 6일 |    |
|---------|--------|----|
| 07 : 00 |        |    |
| 11 : 00 | 65     | 65 |
| 15 : 00 | 75     | 75 |

표 6 김 순 철

| 시간 \ 일  | 11월 6일 |    |
|---------|--------|----|
| 07 : 00 | 60     | 60 |
| 11 : 00 | 52     | 52 |
| 15 : 00 | 60     | 65 |

표 7 최 규 홍

| 시간 \ 일  | 11월 6일 |    |
|---------|--------|----|
| 07 : 00 | 65     | 65 |
| 11 : 00 | 65     | 65 |
| 15 : 00 | 79     | 79 |

95. 11. 1

# 신체 피로부위 조사표

95년 11월 7일

작업 전, (중) 후 (11시 15분)

날 씨 맑음

작업명 거꾸집

직종 복합

년령 53세

작업내용 응봉(구제)

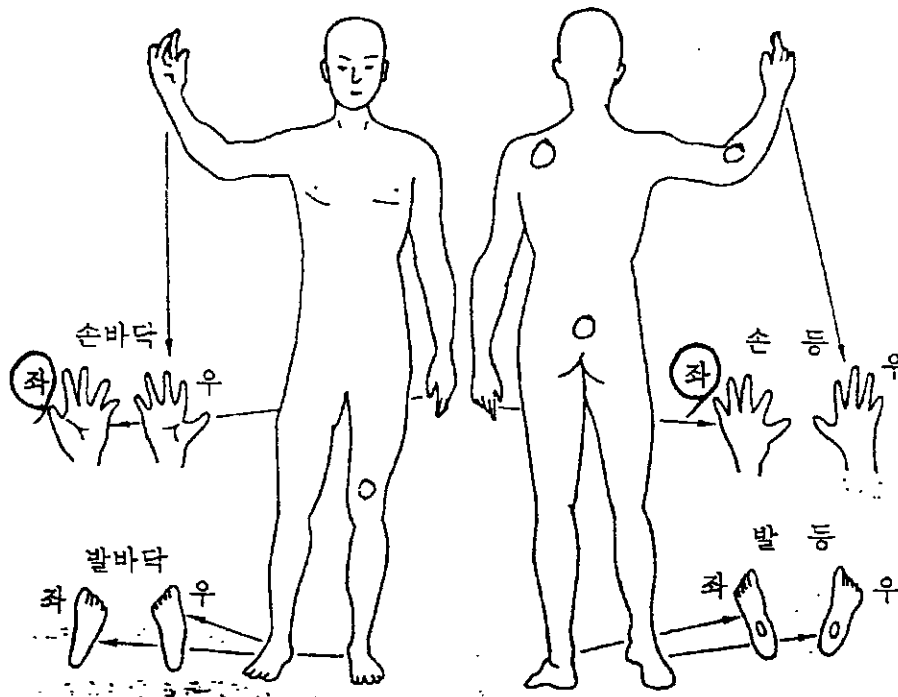
경험년수 2년

작업장소 Apt 10층

피로, 결림, 아픈 등을 느끼는 부분에 ○표를 해주십시오.

전면

후면



## 자 각 적 증 상 조 사 표

다음에 열거한 항목 가운데, 적합한 것에는 ○표를, 그렇지 않은 경우에는 X표를, 오른쪽 공백에 표시하여 주십시오.

(특히 심한 경우에는 ⊙표를 하여 주십시오)

|               |   |                 |   |
|---------------|---|-----------------|---|
| 1. 현기증이 난다.   | ○ | 11. 머리가 아프다.    | ○ |
| 2. 호흡이 곤란하다.  | X | 12. 어깨가 뻣근하다.   | ○ |
| 3. 가슴이 뛰다.    | ○ | 13. 허리가 아프다.    | X |
| 4. 초조하다.      | ○ | 14. 손발이 절인다.    | ○ |
| 5. 머리가 무겁다.   | ⊙ | 15. 입이 마른다.     | ○ |
| 6. 전신이 나른하다.  | X | 16. 하품이 난다.     | ○ |
| 7. 눕고싶다.      | ○ | 17. 목소리가 쉰다.    | X |
| 8. 발에 힘이 없다.  | ○ | 18. 졸린다.        | ○ |
| 9. 몸이 나른하다.   | X | 19. 동작이 어색하다.   | ○ |
| 10. 기운이 떨어진다. | ○ | 20. 눈꺼풀이 실룩거린다. | X |

# **건설공사 안전시공을 위한 인간공학적 접근**

—Human Factor 적용에 관한 연구—

---

발행일 : 1995. 12. 31

발행인 : 원장 이 한 훈

연구자 : 책임연구원 박일철

발행처 : 한국산업안전공단

산업안전연구원

토목건축연구실

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : (032) 5100 - 852

---

〈비매품〉