
Session 4 (산업안전세션)

좌장 : 정기효 울산대학교

• 시간 : 14:40 ~ 16:00

• 회의 URL: <https://inha-ac-kr.zoom.us/j/7471789985>

근골격계 작업자세 평가를 위한 OWAS 평가시스템 및 앱 개발

천우현 / 안전보건공단

전자산업 근골격계질환 사례

김욱 / 안전보건공단

건설현장 안전난간 선행공법의 적용 방안

박주동 / 안전보건공단

근골격계 작업자세 평가를 위한 OWAS 평가시스템 및 앱 개발

안전보건공단 천우현
안전보건공단 신해수
울산대학교 정기효

산업재해예방
안전보건공단



1

1

연구 배경

2

연구 목적

3

연구 방법

4

연구 결과

5

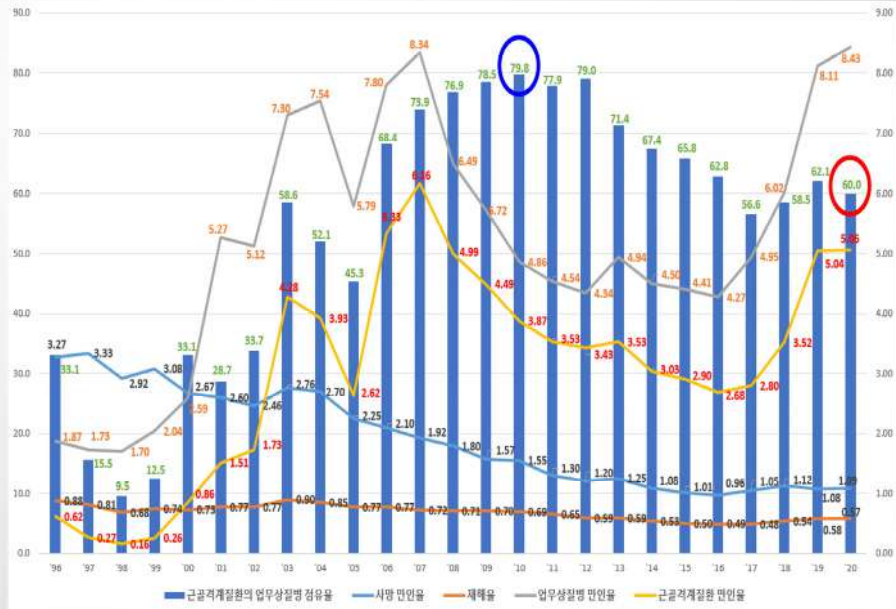
결론

2

1

연구 배경

* 국내 근골격계질환 발생 현황 (만인율)
 * 사망만인율 및 재해율은 감소, 업무상질병 및 근골격계질환은 증가

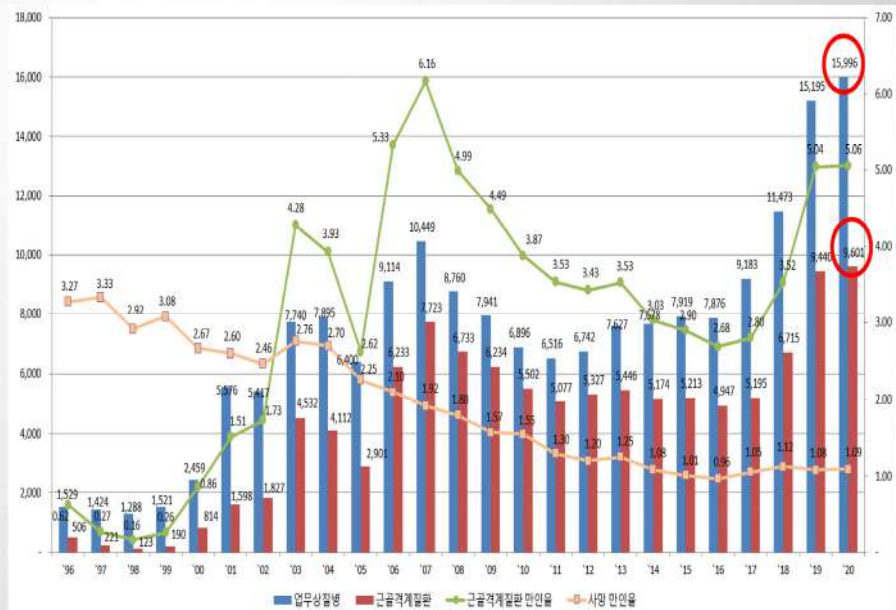


3

1

연구 배경

* 국내 근골격계질환 발생 현황 (재해자수)
 * 업무상질병자 및 근골격계질환자 역대 최고

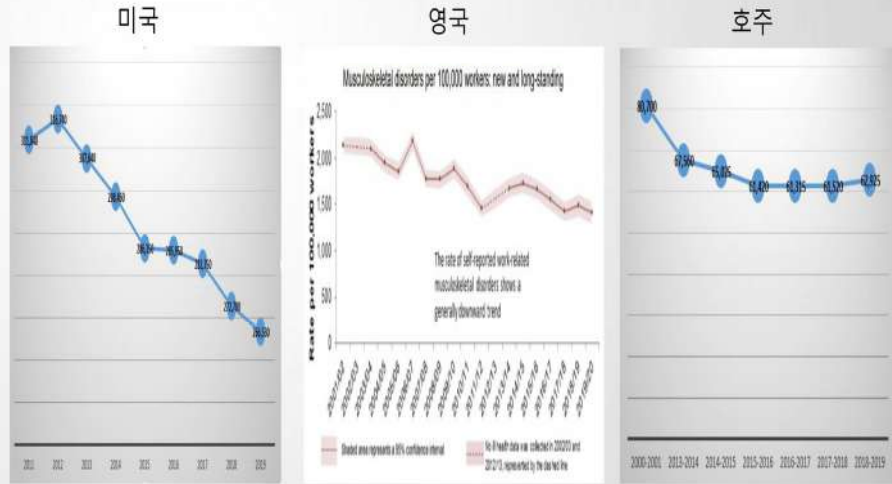


4

1

* 국외의 경우, 근골격계질환 감소 추세

연구 배경



* 근골격계질환은 완치가 어렵고 보존적 치료가 가능

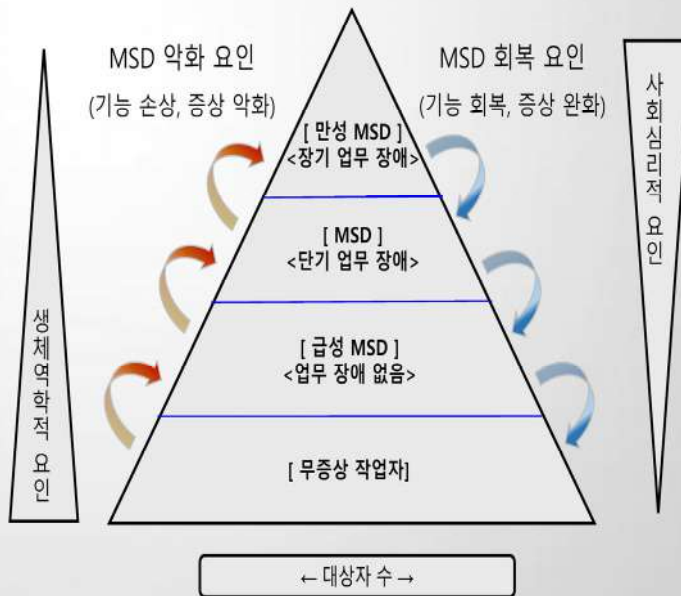
1

* 생체역학적 요인 : 근골격계질환 초기 단계 및 발생

* 사회심리적 요인 : 근골격계질환 중기 단계 및 악화

연구 배경

근골격계질환의 피라미드



Bradley Evanoff, Ann Marie Dale and Alexis Descatha, A Conceptual Model on Musculoskeletal Disorders for Occupational Health Practitioners, Int. J. Occup Med Environ Health, 27(1), pp.145-148, 2014.

1

연구 배경

단순화된
근골격계질환
발생 복합모델

*** 작업장 요인이 개인적 요인과 부조화 시**

*** 개인의 내적 영향(부하) 증가로 조직 손상 등 근골격계질환 발생**

작업장 요인

물리적 부하
조직적 요인
사회심리적 연결

≠

개인적 요인

작업관련 능력과 기술
신체적 특성
성격, 유전적인 결함

↓

개인의 내적 영향

높은 생체역학적 부하
피로, 내적 한계 감소
스트레스 반응

불편, 고통, 조직손상

Wendy Macdonald and Jodi Dakman, Requirements for more effective prevention of work-related musculoskeletal disorders, BMC Musculoskeletal Disorders, (16), p.293, 2015.

1

연구 배경

유해요인조사 및
인간공학적인
작업부하 평가

*** 유해요인조사와 생체역학적 부하**

유해요인조사

작업장 상황조사(정성)
작업조건 조사(정량)
근골 징후/증상 유무(정성)

(근로자 또는 근로자 대표 참여)

+

작업 분석 및 평가

(KOSHA GUIDE)

3-1. 작업분석-평가 결과표 (작업분석-평가가 필요한 경우 사용)

작업공정명	작업명	
단위작업별 작업 모습 (※ 사진 또는 그림)		
작업분석-평가도구*	평가결과	판정
OWAS	수준 1 ~ 수준 4	지속관찰 ~ 즉시개선
RULA	수준 1 ~ 수준 4	지속관찰 ~ 즉시개선
REBA	수준 0 ~ 수준 4	지속관찰 ~ 즉시개선

한국산업안전보건공단
KOSHA GUIDE H-9-2018

2

유해요인조사 현황

연구 목적

- ❖ 보건관리자 자격에 인간공학기사를 추가(2017년)

유해요인조사

- ❖ 유해요인조사 및 인간공학적 작업부하 정밀(정량)평가
 - 특별한 자격조건 없음
 - 사업주가 지정하면 누구나 가능
- ★ 작업환경측정(자격 조건) : 산업위생관리산업기사 이상 (산안법 시행규칙 제187조)

➔ 전문역량과 전문가 부족

9

2

인간공학적 작업부하 평가 현황

연구 목적

- ❖ 유해요인조사 시 인간공학적 작업부하 평가 병행 권고
 - 유해요인조사의 정확성 및 신뢰성 확보를 위해

인간공학적 작업부하 평가

- ❖ 평가 기준 모호
 - 허리 등의 굽힘, 비틀림 등 평가기준이 각도 위주 또는 없음
- ❖ 평가 방법 주관적
 - 평가자의 육안 관찰평가 (Visual Observation)

➔ 작업환경개선 미실시

10

2

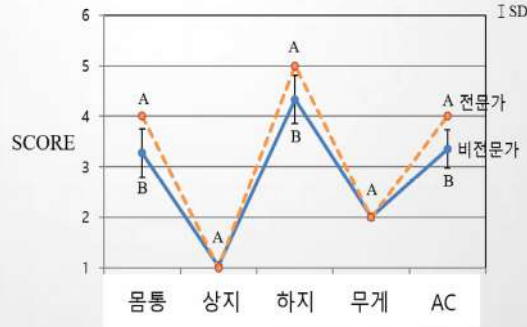
연구 목적

* 평가의 정확성 및 신뢰성 낮음

* 인간공학 비전문가 163명 참여

- 인간공학 작업부하 평가도구 : 총 2회, 1개월 간격으로 3시간씩 총 6시간 교육

* 인간공학 전문가 6명 참여



- 몸통과 하지 : 통계적으로 유의하게 낮음
- 상지와 무게 : 통계적으로 유의하게 차이가 발생하지 않음
- 조치수준(AC) : 통계적으로 유의하게 낮음

천우현, 정기효, 근골격계질환 유해요인 정밀조사를 위한 OWAS, RULA, REBA의 평가 정확도 및 신뢰도 분석, 대한안전경영과학회, 22(2), pp.31-39, 2020.

3

연구 방법

인간공학적 작업부하 평가

인간공학적 작업부하 평가시스템 개발

- ▣ 인간공학적 작업부하 평가기준(각도)을 보완
 - OWAS 평가방식에 PATH 평가방식을 적용
- ▣ 평가자의 주관적인 의견을 최소화
 - 육안 관찰평가를 전산시스템(컴퓨터 or 휴대폰) 평가로 변경
- ▣ 정확도와 신뢰도가 높은 인간공학적 작업부하 평가시스템 개발
 - PV-OWAS(위치지정 벡터 기반), DL-OWAS(딥러닝 기반), 앱

3

평가도구 선정

연구 방법

PV-OWAS

신체부위	작업자서(팔호 안은 자세코드)							
허리	[1] 바로 섰	[2] 굽힘 (20도 이상)	[3] 비틀 (20도 이상)	[4] 굽히고 비틀 (20도 이상)				
팔	[1] 양팔 어깨아래	[2] 한팔 어깨아래	[3] 양팔 어깨 위					
다리	[1] 앉음	[2] 두 다리로 섰	[3] 한다리로 섰	[4] 두 다리 구부림	[5] 한 다리 구부림	[6] 무릎꿇음	[7] 걷기	
하중	[1] 10kg 이하		[2] 10~20kg			[3] 20kg 이상		

- 평가 항목의 단순하여 인간공학 비전공자의 활용성 높음
- OWAS : RULA와 REBA보다 민감도와 정확성 상대적으로 낮으나, 관찰자 내 재현성 높음

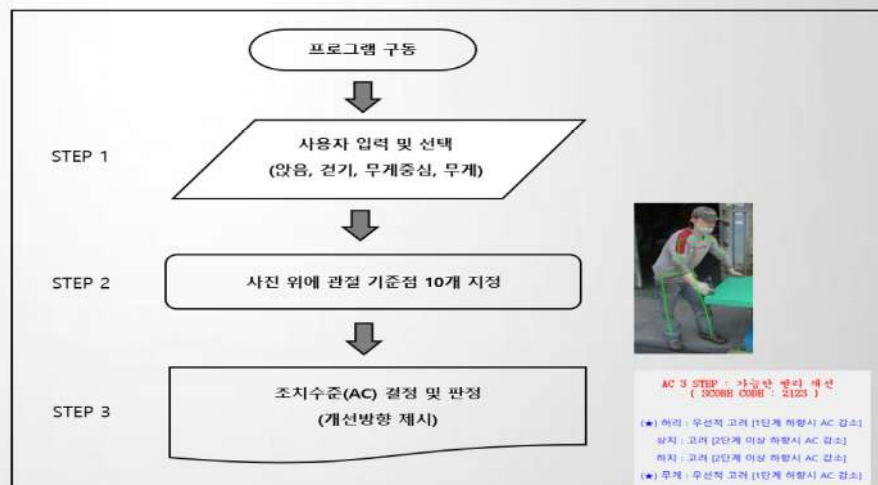
13

3

PV-OWAS (위치 지정 벡터 기반), 평가 절차

연구 방법

PV-OWAS



- 파이썬 기반으로 비주얼 스튜디오 코드로 개발
- 10개 항목 지정 : 왼팔 2개, 오른팔 2개, 왼쪽 다리 3개, 오른쪽 다리 3개

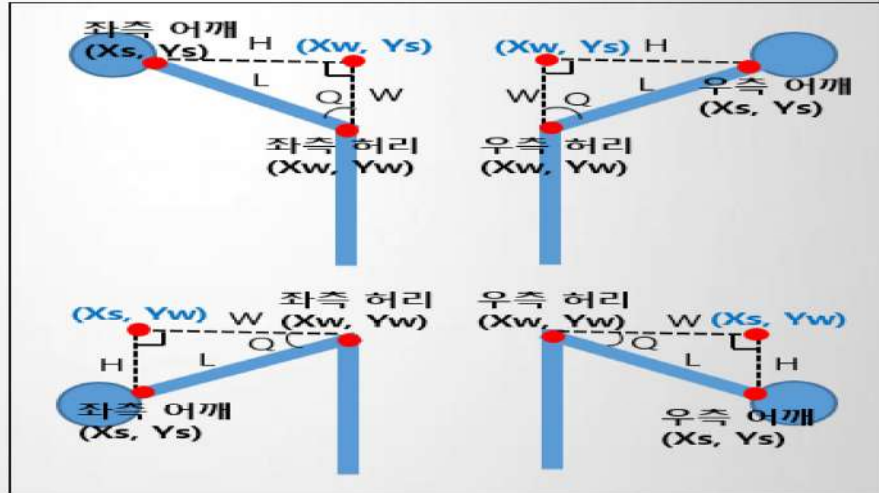
14

3

연구 방법

PV-OWAS

PV-OWAS (위치 지정 벡터 기반), 허리 굽힘



- 가슴 중앙점과 허리 중앙점 이용
- 벡터 기반의 좌표(x, y)를 이용하여 삼각함수와 산술 연산으로 각도와 거리를 계산

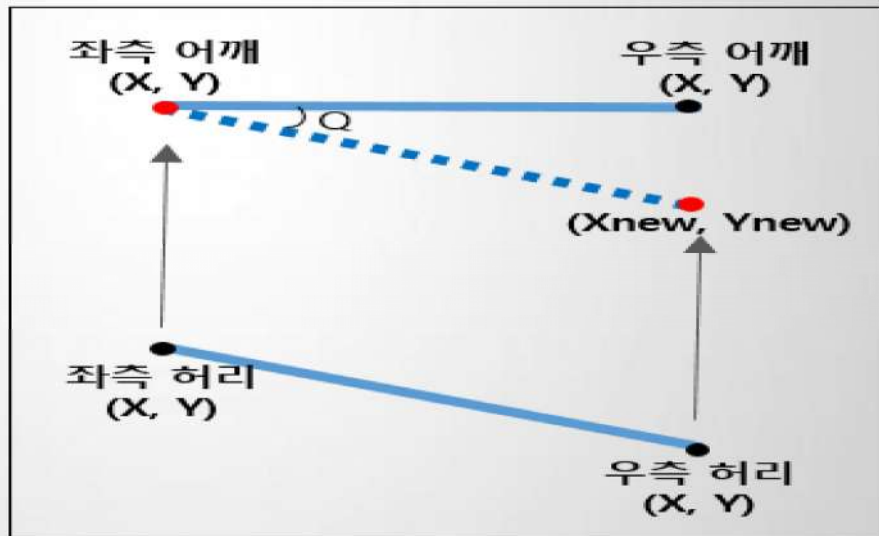
15

3

연구 방법

PV-OWAS

PV-OWAS (위치 지정 벡터 기반), 허리 비틀림



- 허리(영덩선)의 한쪽 좌표를 어깨의 한쪽 좌표와 일치시켜 각도를 측정

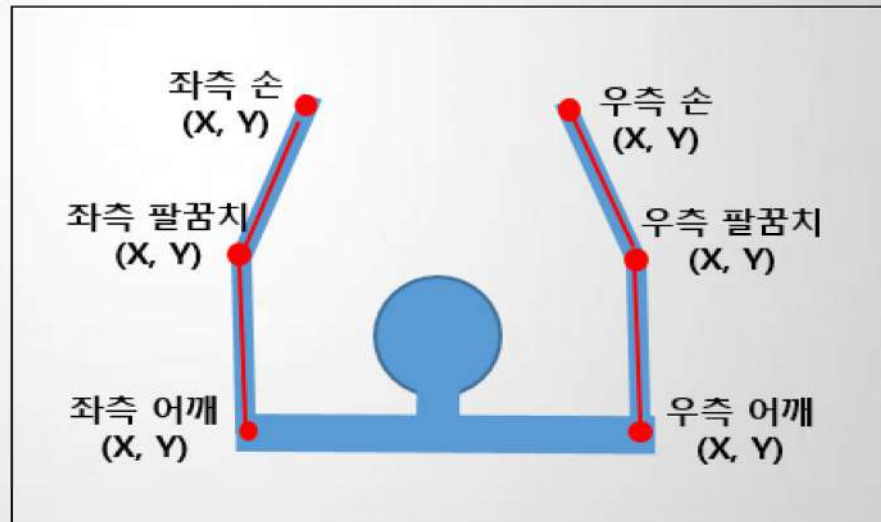
16

3

PV-OWAS (위치 지정 벡터 기반), 상지 부하

연구 방법

PV-OWAS



- 팔꿈치의 좌표(Y)와 어깨의 좌표(Y)를 비교

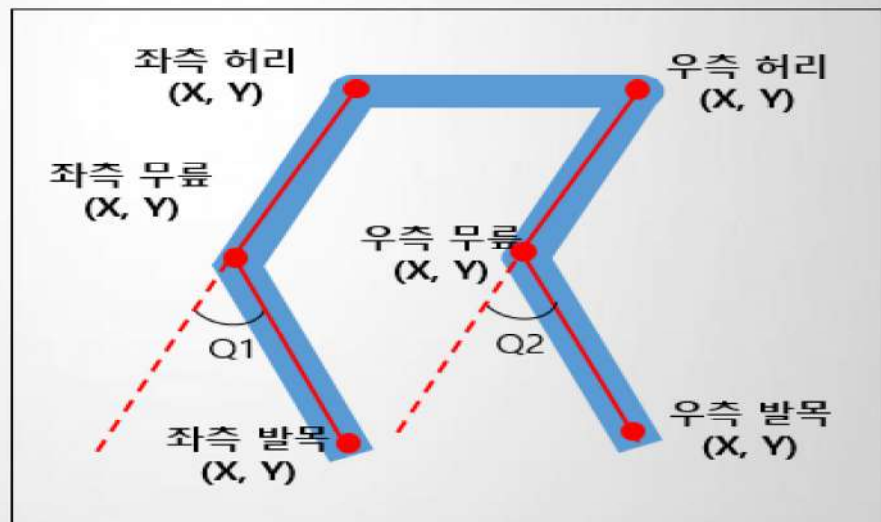
17

3

PV-OWAS (위치 지정 벡터 기반), 하지 부하

연구 방법

PV-OWAS



- (엉덩관절-무릎관절)과 (무릎관절-발목관절)의 좌표(X,Y)를 비교
- 35도 이상이면 무릎 굽힘 발생 (PATH 평가도구 인용)

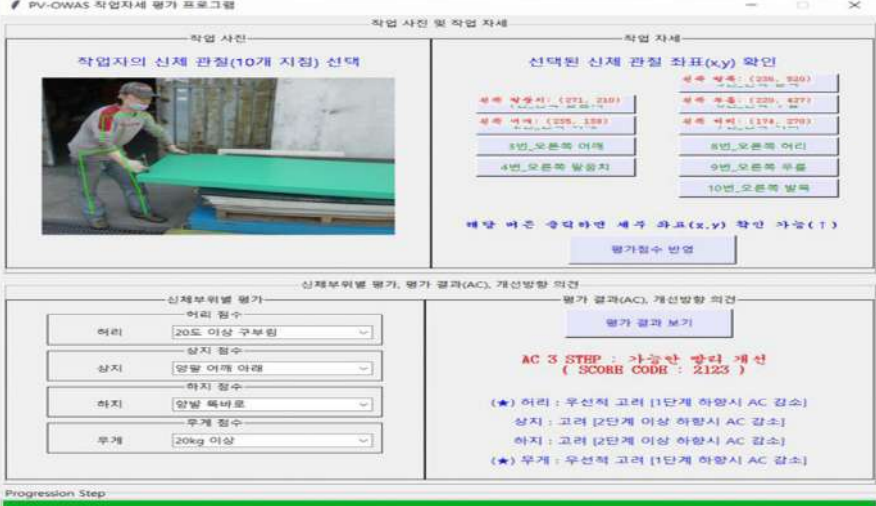
18

3

PV-OWAS (위치 지정 벡터 기반), 실행 결과

연구 방법

PV-OWAS



• 신체 주요 관절(10개)의 좌표, 부하 수준, 평가 결과(AC)
 • 조치수준(AC)이 1단계 하락 가능한 조건을 자체 시뮬레이션 하여 개선방향을 제시

19

3

DL-OWAS (심층학습 기반), 평가 절차


연구 방법

DL-OWAS

관심영역 설정

↓


RGB 이미지 (256*192*3)



주요 관절위치 추정

↓

ResNet-18 & 전치 컨볼루션



OWAS 평가

↓

사전정보(무게 등) 반영

조치수준(AC) 결정

• 작업사진 위에 관심영역을 지정
 • 12개 항목 자동 설정 : 손 2개, 왼팔 2개, 오른팔 2개, 왼쪽 다리 3개, 오른쪽 다리 3개

20

3

DL-OWAS (심층학습 기반), 평가 방법

연구 방법

DL-OWAS



- 이미지 해상도 : ResNet-18과 전치 컨볼루션을 결합한 신경망 [기술기소멸, 과적합 보완, 해상도 향상]
- 인체 관절위치 추정 : 열지도(heat map)를 이용하여 예측 [입력이미지에서 직접 추정시 예측성능 저하]

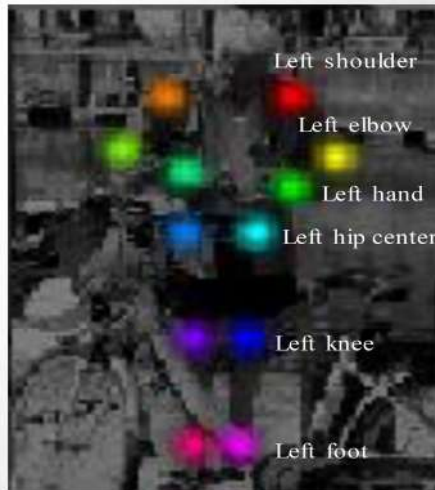
21

3

DL-OWAS (심층학습 기반), 관절 위치 추정

연구 방법

DL-OWAS



- COCO(Common Objects in Context) dataset의 123,287개 data 이용
 - 대규모의 객체 및 키포인트 인식(검출 및 구분), 화면 설명 등을 위한 이미지 데이터 집합을 제공
- 학습 : 118,287개 data, 검증 : 5,000개 data

22

3

DL-OWAS (심층학습 기반), 실행 결과

연구 방법

DL-OWAS

OWAS Assessment Results	
Arm	1: Both arms are below shoulder level
Back	2: Bent forward
Legs	2: Straight (loading on both limbs)
Load	3: Weight (force) >= 20 kg
Action level	3

- 인체의 주요 관절 위치를 자동으로 추정
- 항목별 점수(Arm, Back, Legs) 및 조치수준(AC)를 자동으로 결정

23

3

PV-OWAS 기반으로 앱 개발

연구 방법

PV-OWAS (앱)

OWAS 분석툴 앱(베타버전) 다운로드

[사용방법]

1. QR촬영 후 링크 클릭
2. 다운로드 된 ZIP파일을 압축 해제
3. 압축 해제된 apk파일을 실행하여 앱 설치
4. 앱 실행

AC 4 STEP : 즉시 개선 필요
(SCORE CODE : 4241)

- 안전보건공단 VR전용관 (<https://360vr.kosha.or.kr>)에서 다운로드(테스트) 가능
- 현장에서 휴대폰으로 즉시 평가 가능
- 내 휴대폰의 갤러리에 저장

24

4

연구 결과

평가시스템 개발
및 성능평가

성능 평가

- 평가자 : 10년 이상의 경력을 보유하고 있는 인간공학 전문가 4명
- 평가대상 : 제조업, 건설업, 서비스업 등 다양한 자세 40장
- 평가방법 : 전문가 관찰평가와 신규 평가시스템 평가 결과 비교
- 평가 정확도 : 전문가의 관찰평가(VO-OWAS)와 일치하는 정도
- 평가 신뢰도 : 평가 참여자간의 표준편차
- 평가 편익성 : Likert 7점 척도

25

4

연구 결과

평가시스템 개발
및 성능평가

통계 검정

- 오픈소스 무료 통계프로그램 R (v4.0.2) 사용
- 유의수준 : 0.05
- Kruskal-Wallis Test (비모수적 검정방법)
 - 정규분포를 따르지 않음

26

4

통계 검정 (Kruskal-Wallis test)

연구 결과

평가시스템 개발 및 성능평가

구분		평균	표준편차	Chi-squared value	DF	p-value
허리	VO-OWAS	1.90	1.081	1.712	2	0.425 (유의하지 않음)
	PV-OWAS	1.68	1.071			
	DL-OWAS	1.70	1.018			
상지	VO-OWAS	1.20	0.516	1.009	2	0.604 (유의하지 않음)
	PV-OWAS	1.18	0.501			
	DL-OWAS	1.13	0.463			
하지	VO-OWAS	3.10	1.809	0.108	2	0.947 (유의하지 않음)
	PV-OWAS	3.05	1.797			
	DL-OWAS	3.15	1.861			
무게	VO-OWAS	1.83	0.874	0.000	2	1.000 (유의하지 않음)
	PV-OWAS	1.83	0.874			
	DL-OWAS	1.83	0.874			
조치수준(AC)	VO-OWAS	1.85	1.099	0.365	2	0.833 (유의하지 않음)
	PV-OWAS	1.73	0.987			
	DL-OWAS	1.83	1.01			

- 사용 편의성 : chi-squared value 7.15 , p=0.028 (통계적으로 유의한 차이 발생)
- DL-OWAS (7/7) > PV-OWAS (5.75/7) > VO-OEAS (5.25/7)

27

5

결론

결론

- PC형식의 2가지 평가시스템 개발 (PV-OWAS, DL-OWAS)
- PV-OWAS
 - (단점) 직접 관절위치를 평가자가 직접 지정(Pointing)
 - (장점) 작업 사진 및 작업 자세의 맥락으로 가려진 신체관절 파악
- DL-OWAS
 - (장점) 사용 편의성 높음 (관심영역만 지정하면 결과 도출)
 - (단점) 작업물 또는 설비 등이 신체 일부 가릴 때 성능이 저하
- **작업사진 및 방해물에 따라 2개 평가시스템 선택 또는 병행 사용**

28

감사합니다
Thank you



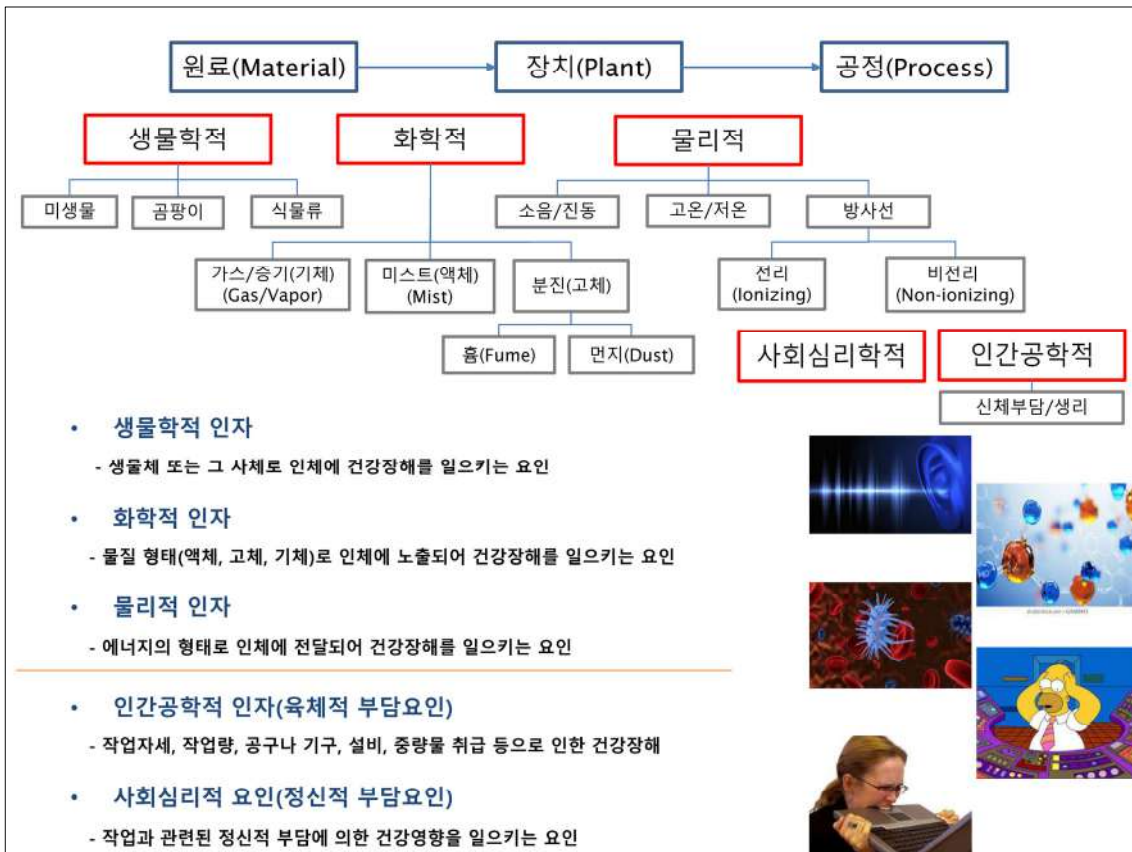
2021 대한안전경영과학회 추계학술대회

전자산업 근골격계질환 사례

안전보건공단 미래전문기술원 전자산업센터 소장
김 옥 (CPE, MPH, ASP)

- 목 차 -

- 전자산업
- 근골격계질환 유해위험요인
- 전자산업 근골질환 발생사례
- 근골격계질환 예방 관리제도



전자산업의 범위

- 전자산업의 범위 : 여러 법에 따른 다양하게 범위가 정의되고 있음
 - (전자공업진흥법) 전자관, 반도체 소자, 기타 유사한 부품을 사용하여 전자의 운동과 특성을 응용하는 기계, 기구를 제조하는 사업
 - (한국고용정보원) 전자, 전기, 제어, 정보기술과 관련된 지식을 바탕으로 기획, 개발, 생산, 영업기술을 적용하여 휴대폰, 반도체, 디스플레이패널, 대형가전 등의 제품 및 기술을 구현, 보급하는 산업
 - (전자산업 인적자원 개발위원회) 반도체 등 전자부품, 가전, 통신, 의료기기 등 제품 제조업 및 소프트웨어, 통신서비스, 디지털콘텐츠 개발 산업 등
 - (정보통신산업진흥법) 정보통신과 관련된 제품을 개발, 제조, 생산 또는 유통하거나 이와 관련된 서비스를 제공하는 산업

반도체, 디스플레이, 핸드폰, 냉장고 등 전자제품을 제조하는 산업

전자산업의 범위

- 전자산업 : 반도체, 디스플레이, 핸드폰, 냉장고 등 전자제품을 제조하는 산업
 - (고용노동부 산재보험) 전기기계기구, 전자제품 및 정밀기구 제조업 일부(224)
 - (한국표준산업분류) 전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업(26), 의료, 정밀기기, 시계 제조업(27), 전기장비 제조업(28), 기타 기계 제조업 일부(29)
 - 사업장 수 약 5만 개소(전체의 약 2.0%), 종사자 수 약 8만명(전체의 약 4%) -'20년



- 전자제품을 생산하는 과정에서의 원하청 관계
 - 사내, 사외 하청업체 : 화학물질 제조업체, 운반업체, 장비유지보수업체, 부품 임가공업체, 환경관리업체 등

전자산업의 안전보건 특성



- 그간의 이슈
 - 치열한 기술경쟁으로 인해 알지 못하는 다양한 유해, 위험요인에 노출
 - 노말핵산 앓은병이 병 집단발생, 백혈병 등 직업성 암 지속 발생, 화학물질 누출, 메탄올 중독 실명 등 화학물질에 의한 재해 위주
 - 반도체 제조 : '특별히 심한 중량물을 취급하는 경우가 많지 않으나, 반복작업(오퍼레이터), 부자연스러운 자세에서 보수/정비 작업(엔지니어, PM작업자) 등 근골격계 질환 위험이 있다' 라고 언급(반도체산업 근로자를 위한 건강관리 길잡이, 2012)
 - 「반도체산업의 유해인자(에피스테메)」에서도 인간공학적 인자는 특별히 언급되지 않음

Pics : ceomagazine, biz.chosun, newdaily

유해위험요인의 종류 및 평가

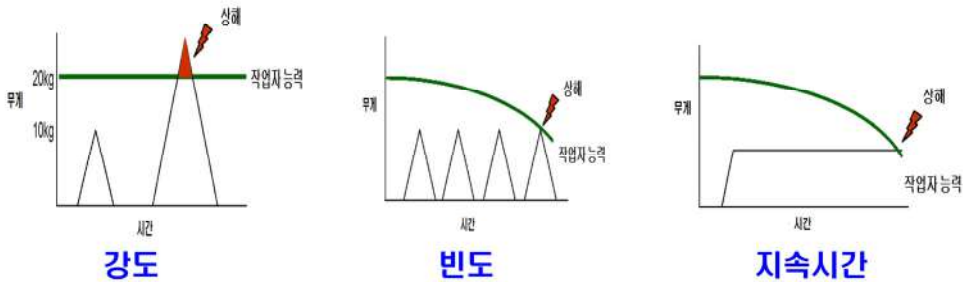
- **작업관련성 근골격계질환(Work-related musculoskeletal disorders) 정의**
 - 반복적인 동작, 과도한 힘, 부적절한 자세, 진동 등 직업적으로 발생 될 수 있는 인체에 유해한 원인에 의해 미세한 근육이나 조직의 손상이 누적되어 나타나는 기능적 장애
 - 누적외상성 장애, 반복외상성 장애, 직업성 경경완장애, 과사용증후군 등



Pics : ccohs.ca

유해위험요인의 종류 및 평가

- **근골격계질환의 주요 원인**



- **업무관련 근골격계질환 원인 세부 분류**

- 작업관련성 판단의 근거 : 무리한 힘의 사용, 불편하거나 정적인 작업자세, 과도한 반복 작업, 진동, 날카로운 면과의 접촉으로 인한 스트레스, 저온 작업환경 등



Refs : 정병용

유해위험요인의 종류 및 평가

○ 근골격계질환의 주요 요인 종합

작업관련 요인

- 반복적 동작
- 무리한 힘의 사용
- 부자연스런 자세
- 날카로운 면과의 접촉
- 진동 및 온도 등

개인적 요인

- 성별(여성)
- 작업경력
- 작업습관
- 운동 및 취미활동 등

사회·심리적 요인

- 직업만족도
- 근무조건 만족도
- 직장 내 인간관계
- 업무적 스트레스
- 기타 정신 심리상태 등

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 반도체, 디스플레이 산업재해 발생 사례

[반도체 제조]

신청인은 (주)000에서 약 14년 10개월 동안 당해 사업장에서 반도체 제조 공정 중의 하나인 PHOTO(Align 작업)를 수행하면서 손목에 무리가 가 00 소재의 00병원에 내원하여 우측 손목관절 부위 드퀘르뱅 병을 진단받았고, 이에 최초요양급여 신청서를 제출하였음

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 반도체, 디스플레이 산업재해 발생 사례

[배관 작업]

저는 00반도체 2차협력사 (주)00테크에서 배관공으로 업무를 하였습니다. 평소 작업 현장은 00반도체 생산라인에 케미칼 배관 설치 및 유지보수를 하였고, 유지보수 특성 상 많은 배관들이 설치되어 있고 배관 설치 및 철거를 할 때에 좁은 공간에서 고개를 숙이고 작업을 오랜 시간 동안 하였습니다. 작업 복장은 헬멧, 헤드랜턴, 안전벨트를 주로 착용하였습니다. (중략) 그렇게 장시간 일을 하다 보니 평소 어깨에 담 걸림 현상이 자주 오게 되었고, 이번에도 담 걸린 현상으로 알고 참고 있다가 등 통증이 심해져 병원에서 검사를 진행하였고 경추간판장애진단을 받았습니다.

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 반도체, 디스플레이 산업재해 발생 사례

[테스트 작업]

00사에서 생산된 반도체를 설비에 넣어 테스트하는 업무를 합니다. 8시간(평일) 또는 12시간(주말)동안 교대근무를 하며 트레이에 담겨진 마이크로 또는 SSD반도체를 수십 번 설비에 트레이 교체를 하는데 무리한 움직임으로 참고 일을 하다 보니 심하면 굽혀지지도 않고 통증이 동반되었습니다. 방아쇠 엄지손가락의 통증을 이겨내고 움직이려 해도 딱딱 걸리는 소리와 심할 때는 붓기도 하여 내원하게 되었습니다.

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 가전제품 제조 산업재해 발생 사례

[TV 생산 공정]

8년이 되는 장기간 1일 수십~수백 대의 TV를 나르고, 테이블 위에 올리고 내리며, 테이블 위에 있는 TV를 뒤집고 옆으로 돌려 보는 등 계속되는 중량물의 취급으로 요추부에 상당한 무리가 누적된 상태에서 0000.10.13. 00 출장 중 70인치 제품을 30개 정도를 두 명이 좌우로 들던 중 같이 들고 있던 동료가 무겁다고 손을 놓아서 순간적으로 버티느라 힘을 주는 순간 허리가 터진 느낌이 들었고, 이후 통증으로 상사에게 보고를 한 후 업무를 중단하고 쉬는데 다리가 없는 느낌이 들어 현지 응급실에서 치료 후 00병원에서 요추 제4-5번 추간판탈출증, 파열성(LT)에 대하여 수핵 제거 및 고주파열치료술 시행 받았음.

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 가전제품 제조 산업재해 발생 사례

[냉장고 생산 공정]

00전자에 냉장고 사업부 조립라인 근무하면서 임팩트 볼트작업(하루 약 2,000개 작업) 수행으로 인해 어깨가 약 5~6년 전부터 아파왔으나 참고 근무하였고, 최근에 어깨가 너무나 아파 00병원에서 수술 및 치료를 받고 있음.



작업자세 : 팔을 장시간 들어올린 상태 작업 유무 등
장비 관리 : 적정 토크 및 압력, 에어호스 관리
작업자 : 귀마개, 안전화, 방진장갑 등

Pics : Hilti.co.kr

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 가전제품 제조 산업재해 발생 사례

[세탁기 생산 공정1]

세탁기 사업부 생산팀 00라인 구조작업 공정에서 내압기를 이동하여 어스에 맞추어 고정 후 구조검사하는 과정에 허리통증을 느껴 옆 작업동료에게 허리가 아파 검사를 못하겠으니 작업을 바꾸자고 요청함.

[세탁기 생산 공정2]

0000년 6월부터 0015년 6월까지 0000(주)입사해서 세탁기사업부 생산부 00-Line 에서 세탁기 생산라인에서 임팩트를 이용하여 스크류바를 삽입하는 작업과 와이어 삽입하는 과정을 반복적으로 사용하면서 우측 주관절 외측 상과염이 발병했다는 주장임.

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 기타 제품 제조 산업재해 발생 사례

[기타1]

재해자 본인은 0000년 00전자에 입사하여 20년 동안 전자제품 부품공장에 생산직 사원으로 전기, 전자배선 조립라인에 근무하며 하루 3000회 이상 팔을 위로 올려서 위에 있는 테이프를 떼어서 팔을 아래로 내려서 힘을 주어 굵은 강전의 묶는 반복 작업을 지속적으로 하며 5mm이상 된 전선을 이어서 서로 삽입시키며 20kg 이상 되는 box를 들다 보니 어깨 관절에 통증이 발생하여 몇 년 전부터 한 의원이며 정형외과에 수차례 치료를 하고 본 의료기관에서 정밀검사를 한 결과 진단을 받았습시다. 재해 본인은 생산직 근로자로서 어깨 인대 파열된 것을 산업재해로 신청합니다.

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 기타 제품 제조 산업재해 발생 사례

[기타2]

AUTO 장비 제품운반 반복작업. 1kg 정도의 무게를 수백 번 운반 올리고 내리기 생산량이 바쁠 때면 수없이 운반하면서 수동작업도 같이 진행을 하게 되면서 어깨에 무리가 와 바쁜 근무시간을 뺄 수 없는 상황이 많아 치료받을 시간도 제대로 못 받았습니다.

[기타3]

특별한 외상이나 재해가 있었던 것은 아니고 0000년 입사하여 회사를 7년4개월 다님. 벨트작업으로 커넥트 삽입 및 에어드라이버로 볼트 체결을 하루 평균 10~12시간 행하면서 손끝 저림 현상이 오고, 잠을 못 이룰 정도 아파서 병원에 진단한 결과 병명이 확인되어 산재신청을 하게 됨.

전자산업의 근골격계질환 사례분석

○ 기타 제품 제조 산업재해 발생 사례

[기타4]

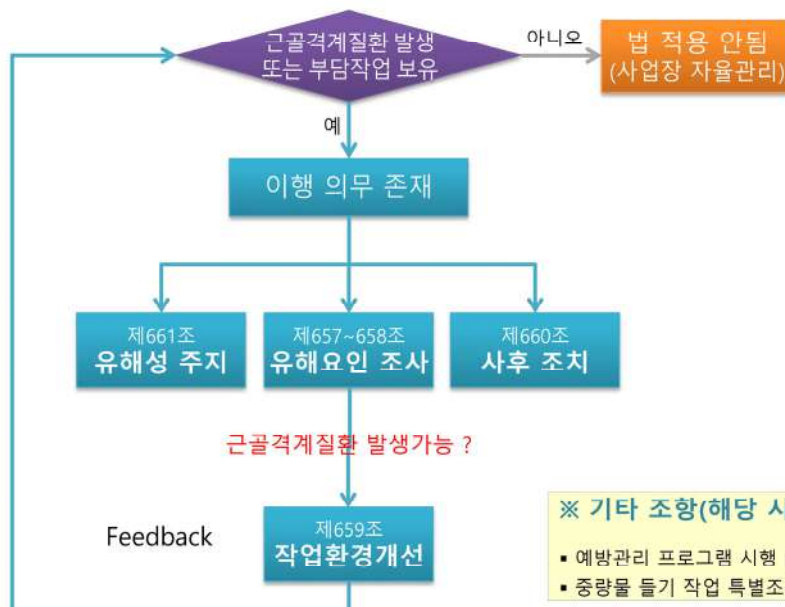
자동화설비(약 100kg 정도)를 조립한 후 납품하기 위하여 화물용 승강기로 설비(바퀴가 달려 있어 2인이 운반)를 이동시키던 중 두 사람 힘의 균형이 맞지 않아 앞으로 넘어짐

전자산업의 근골격계질환 사례분석



근골격계질환 관리제도

○ 근골격계질환 예방 제도 흐름도



근골격계질환 관리제도

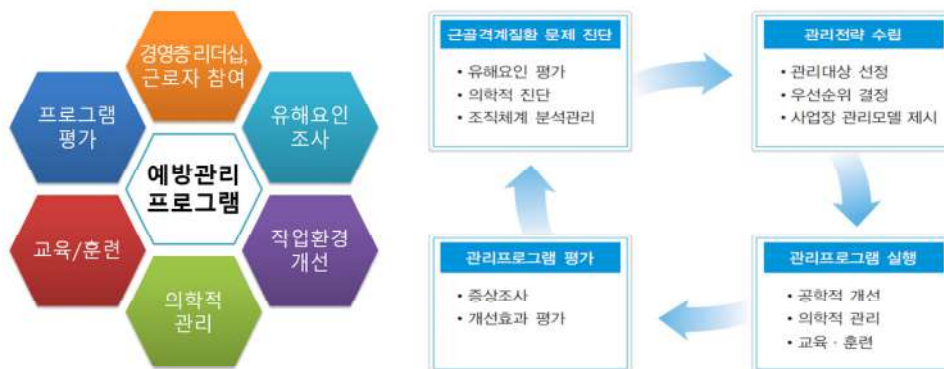
○ 유해요인조사

- 근골격계부담작업을 보유하고 있는 사업장 등의 경우 **3년** 마다 **작업장 상황, 작업조건, 작업과 관련된 근골격계질환 징후와 증상 유무**에 대하여 조사하는 것
- 작업장 상황 : **설비, 작업공정, 작업량, 작업 속도** 등
- 작업조건 : **작업시간, 작업자세, 작업방법** 등
- **(최초)** 신설사업장은 **1년 이내** 최초 유해요인조사 실시를 하여야 함
- **(수시)** 근골격계질환자가 발생되었거나, 부담작업에 해당하는 **새로운 설비, 작업이 도입** 되는 경우, **부담작업 업무량이 변화**되는 경우
- 조사결과에 따라 질환 발생우려가 있는 경우 인력작업 보조설비, 편의설비 설치 등 **작업 환경 개선**에 필요한 조치 및 근골격계부담작업의 유해요인, 징후 및 증상, 질환자 발생시 대처요령, 올바른 작업자세와 작업도구, 작업시설의 올바른 사용방법 등을 **알려야 함**

근골격계질환 관리제도

○ 예방관리 프로그램

- **(대상)** 근골격계질환 **업무상 질병 인정**을 받은 근로자가 **연간 10명 이상** 발생한 사업장 또는 5명 이상 발생한 사업장으로 발생 비율이 그 사업장 **근로자 수의 10% 이상**인 경우 또는 근골격계질환으로 **노사간 이견**이 발생되어 고용노동부 장관이 **명령**하는 경우
- **(내용)** 유해요인조사, 작업환경개선, 교육훈련, 의학적 관리, 평가 및 피드백 등



근골격계질환 관리제도의 한계

○ 근골격계부담작업의 명확성 논란

- 근골격계질환의 실질적인 유해성과 부담작업의 연관성 논란
- 부담작업 선정 기준의 모호성으로 인해 사업장(관리자), 노동자측, 감독기관의 이견

○ 근골격계예방 제도의 실효성 논란

- 법적 의무 사항 인식 미흡 및 미이행
(작업환경실태조사 결과 10만 여 개 사업장 중 2만7천 여개 사업장에서만 조사 실시)
- 유해요인조사와 예방관리 프로그램 제도 시행여부와 질환 발생의 상관관계?
- 미실시 경우 현행 제도상 사법처리를 하도록 되어 있으나 영세사업장 법 집행에 있어서 현실적 한계
- 증상설문조사 등 조사결과 활용 문제



전자산업의 근골격계질환 예방

○ 향후 과제

- 공정 특성에 따른 장비 이동, 유지정비보수, 검사, 장시간 입식작업, VDT 작업, 수공구 등 근골격계질환 발생위험에 대한 면밀한 평가 필요
- 작업방법, 방진복 착용, 조명, 압력 등 인간공학적 유해 위험 요인 검토 필요
- 고가 장비에 대한 설계단계에서 인간공학적 요인 검토 여부(S8 기준)
- 가전제품 제조산업 등 전자산업 전반에 대한 인간공학적 유해 위험 실태 조사 필요

전자산업 맞춤형 유해요인조사 기법 등 인간공학적 관리체계 수립

세계 일등 산업의 안전 보건 확보





wokus@kosha.or.kr

건설현장 안전난간 선행공법의 적용 방안

2021. 10. 22.



1

목 차

- 01 배경 및 목적
- 02 비계 안전난간 실태 및 추락사망 사례
- 03 해외 안전난간 선행공법 사례
- 04 수평 선행안전난간대 개발
- 05 안전난간 선행공법 활성화 방안 및 향후 계획

2

1

배경 및 목적

3

배경 및 목적

□ 2020년 사고성사망재해 현황

- 전산업 기준 882명이며, 건설업 51.9%(458명) 점유

→ 건설업 : 추락 51.5%(236명) 발생, 그 중 비계 및 작업발판 21.6%(51명) 차지

□ 그간 정부의 산재사망사고 예방 정책 추진으로 외부비계는 강관비계→ 시스템비계로 변화 (시스템비계 점유율* : 2016년 16.7% → 2020년 34.4%)

<출처> 건설업 시스템비계 시장 실태조사 용역 보고서(안전보건공단, 2020)

- 안전시설 설치 상태는 크게 개선되었으나, 현행방법의 비계 설치·해체 시 추락위험



<과거 강관비계 설치현장>



<시스템비계 설치 현장>



4

배경 및 목적

□ 현행 안전난간 설치 방법 : 추락위험 상존



①상부 작업발판 설치 ②상부 작업발판으로 이동 ③안전난간 설치(추락위험)

- 강관비계, 시스템비계의 경우 작업발판 설치→안전난간 설치로 안전난간 설치 전까지 추락위험

- 2020년 기준 시스템비계의 안전난간 미설치 또는 미흡으로 7명 사망

<출처> 건설업 중대재해조사 현황(안전보건공단, 2020년)

□ 강관비계와 시스템비계의 추락재해예방을 위해 안전난간을 선제적으로 설치할 수 있는 안전난간 선행공법 도입 필요

5

최근 3년간 강관 및 시스템비계 추락사망현황

□ 작업내용별 현황 [2016~2018]



최근 3년간 총1,312명 중 (원인이 특정되지 않은 31명 제외)

- 추락 59.7%(783명), 비계관련 17.6%(231명)

- 강관비계와 시스템비계의 추락사망자 총 99명

→ 비계 설치 및 해체 작업 27.3%(27명) 발생

□ 추락의 주요원인[2016~2018]

구분	소계	작업발판(20.2%)		안전난간(69.8%)		가설통로(7%)		안전대(3%)	
		미설치	설치미흡	미설치	설치미흡	미설치	설치미흡	미착용	미부착
소계	99	10	10	55	14	3	4	2	1
점유율	100%	10.1%	10.1%	55.6%	14.2%	3.0%	4.0%	2.0%	1.0%
강관비계	94	10	10	52 ¹⁾	13	2	4	2	1
시스템비계	5	0	0	3	1	1	0	0	0

주1) 재해원인이 강관비계의 안전난간 미설치로 인한 사망자 52명 중 **작업발판 내측(구조물측)에 안전난간을 미설치한 10건 포함**

주2) 재해원인이 2개 이상인 경우 예방조치의 중요도가 높은 재해원인으로 분류

6

2 비계 안전난간 실태 및 추락사망 사례

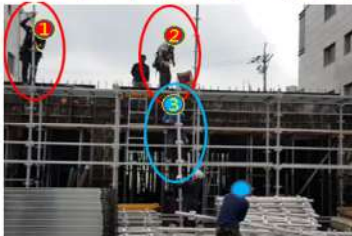
7

비계 안전난간 설치·해체 실태

□ 강관비계 설치·해체 실태



□ 시스템비계 설치·해체 실태



(위험요인) 시스템비계와 강관비계 설치·해체 중 단부로 추락위험(①,②)
(현행대책) 시스템비계 부재(수직재 등) 또는 수평구멍줄 설치후 안전대 부착
- 현실적으로 적용 곤란, 안전대 착용 시에도 추락시 부상 위험

8

시스템비계 추락사망 사례

<사례1> 군포시 소재 근생시설현장(2020.2.22) [안전난간 미설치]



<현장전경>



<재해 발생 구간>

<사례2> 용인시 소재 공동주택현장(2019.04.13) [안전난간 설치 불량]



<재해상황>



<재해발생구간>



<안전난간 체결 불량(상태 재현)>

시스템비계 추락사망 사례

<사례3> 평택시 소재 00부대 시설공사(2020.12.1) [외측 중간난간 미설치]



<재해상황>



<재해 발생 구간>

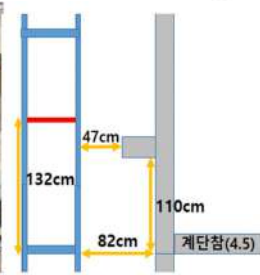
<사례4> 시흥시 소재 00초등학교현장(2020.10.14) [내측 안전난간 미설치]



<재해상황>



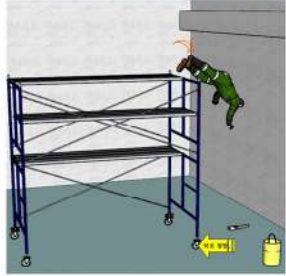
<구조물과 발판 사이 간격(82cm)>



10

이동식비계 추락사망사례

<사례1> 옥상도장공사 시 발판단부 안전난간 미설치



<재해상황도>



<재해 발생 구간>

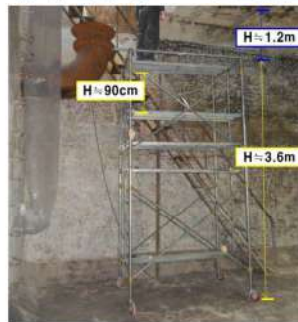
<사례2> 천장부 미장작업 시 상부 구조물과의 간섭으로 안전난간 설치 미흡



11

이동식비계 추락사망 사례

<사례3> 상부구조물과 간섭 등으로 안전난간 미설치



<사례4> 비계 설치 시 단부 안전난간 미설치



12

근원적 안전대책

□ 안전난간 선행공법 적용



① 상부 안전난간 먼저 설치 ② 상부 작업발판 설치 ③ 상부 작업발판으로 이동

<출처> 추락재해예방을 위한 비계 안전난간 선행공법의 국내 건설현장 적용에 관한 연구(산업안전보건연구원, 2019)

□ 안전난간 선행공법의 장점

- 1) 비계 설치 시 : 상부 작업발판 설치 전 안전난간을 미리 설치
- 2) 비계 해체 시 : 하부 작업발판에서 상부 안전난간을 해체
⇒ **항상 안전난간이 설치된 상태로 작업 가능**

13

3

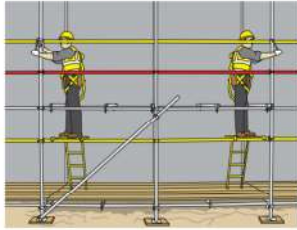
해외 안전난간 선행공법 사례

14

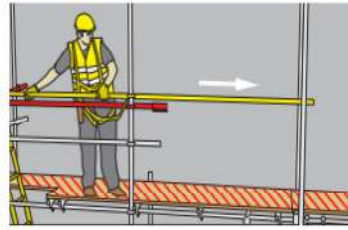
해외 안전난간 선행공법 사례

□ 영국 (강관비계)

<출처> Preventing Falls in Scaffolding Operations, Safety Guidance 4(NASC, 2015)



<보조발판 이용 안전난간 선행 설치>



<수평 연장 안전난간 선행 설치>



<임시 프레임 안전난간 선행 설치>

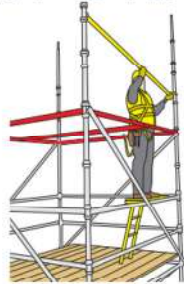


15

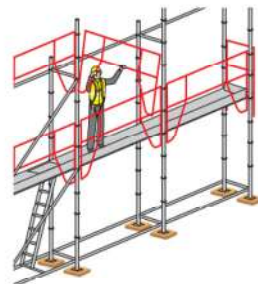
해외 안전난간 선행공법 사례

□ 영국 (시스템비계)

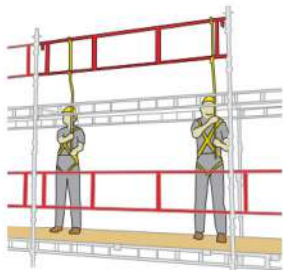
<출처> Preventing Falls in Scaffolding Operations, Safety Guidance 4(NASC, 2015)



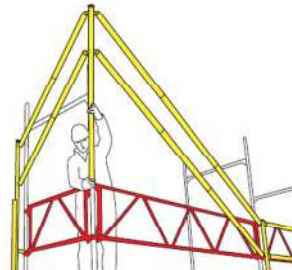
<보조발판 이용 안전난간 선행 설치>



<조립체 안전난간 선행 설치>



<틀형 안전난간 선행 설치>



<상승식 안전난간 선행 설치>

16

해외 안전난간 선행공법 사례

□ 일본



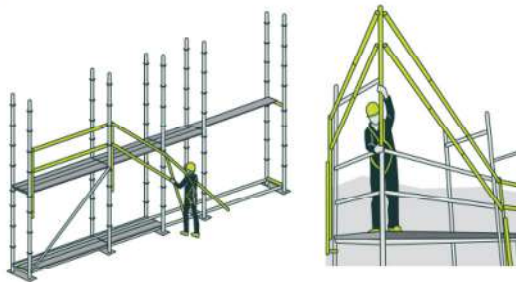
<교차가새형 선행안전난간대>

17

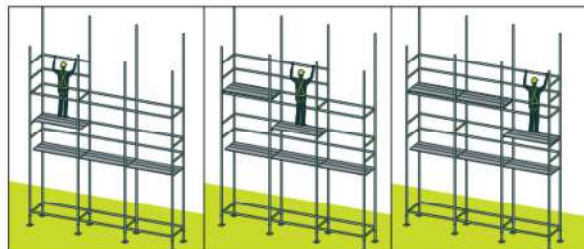
해외 안전난간 선행공법 사례

□ 뉴질랜드

<출처> Scaffolding in New Zealand(WorkSafe New Zealand, 2016)



<상승식 안전난간 선행 설치>



<순차식 안전난간 선행 설치>

18

4 수평 선형안전난간대 개발

19

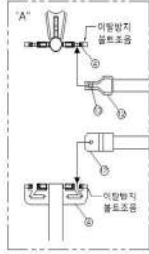
수평 선형안전난간대 개발

- 개발 방향 : 현행 방호장치 안전인증 고시 기준에 적합,
안전난간 선형 설치 가능, 기존 수평재(난간) 대체,
운반 편리, 분리 가능



20

수평 선행안전난간대 설치 영상



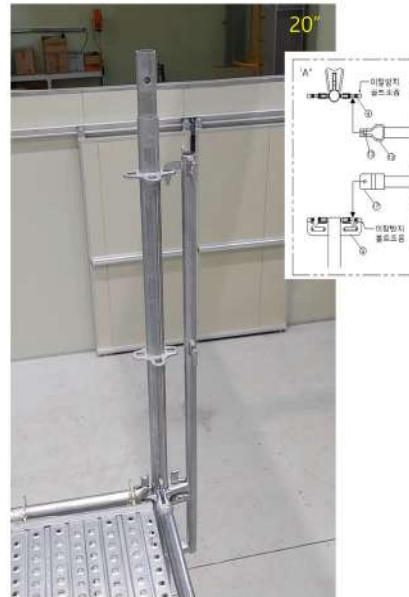
<수평 선행안전난간대 설치 영상>

21

수평 선행안전난간대 연결부 설치 영상



<보조수직재 설치 영상1>



<보조수직재 설치 영상2>

22

수평 선행안전난간대 실물실험

□ 시험방법 및 항목 : 방호장치 안전인증 고시(고용노동부 고시 제2021-22호)의
조립식 안전난간 성능기준 및 시험방법

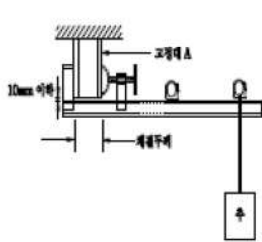
구분	항 목	시험 방법	시험성능 기준	측정결과 (3회 평균)	개요도
안전난간 기둥	수직 처짐량	85kgf 추시험	100mm 이하	10mm 이하	
	휨강도	160kgf 추시험	파괴되지 않을 것	파괴 안됨	
수평 난간대 체결부	강도	160kgf 추시험	파괴되지 않을 것	파괴 안됨	
	회전방지 성능	$P=0.3 \times D \text{kgf}$	회전되지 않을 것	해당없음	
고정부	미끄러짐 시험	85kgf 추시험	미끄러짐 미발생 제결부 탈락 등 미발생	해당없음 해당없음	
	수직 처짐량	120kgf 추시험	50mm 이하	40mm 이하	
수평 난간대	수직 처짐량	120kgf 추시험	50mm 이하	40mm 이하	
	휨강도	160kgf 추시험	파괴되지 않을 것	파괴 안됨	

※ 시스템계용 수평 선행안전난간대의 기능과 특성 고려 시 선행안전난간대 체결부 회전방지 성능 시험과 고정부 미끄러짐 성능

23

수평 선행안전난간대 실물실험

(1) 기둥 수직처짐 및 휨강도 · 수직처짐(기준 : 100mm이하, 실험결과 : 10mm 이하)
· 휨강도(기준 : 파괴 X, 실험결과 : 파괴 X)

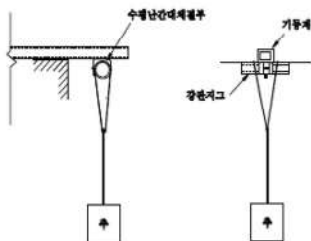


수직처짐 시험(85kgf)



휨강도 시험(160kgf)

(2) 수평난간대 체결부 강도시험 · 체결부 강도(기준 : 파괴 X, 실험결과 : 파괴 X)



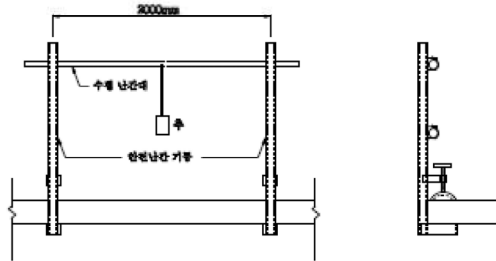
체결부 휨강도 시험(160kgf)

24

수평 선행안전난간대 실물실험

(3) 수평난간대 수직처짐 및 휨강도 시험

- 수직처짐(기준 : 50mm이하, 실험결과 : 40mm 이하)
- 휨강도(기준 : 파괴 X, 실험결과 : 파괴 X)



상부난간 수직처짐 시험(120kgf)



상부난간 휨강도 시험(160kgf)

25

5 안전난간 선행공법 활성화 방안 및 향후 계획

26

안전난간 선행공법 활성화 방안 및 향후계획

- [현장적용] 안전난간 선행공법의 활성화 방안
 - 설계 및 발주단계에서 설계도서 반영, 공공공사 및 대형현장 시범 적용
 - 재해예방 목적의 선행안전난간은 안전보건관리비로 인정
 - 정부의 재정지원 사업과 연계하여 조기 확산
 - 추락위험 예방 신기술 적용 현장 지도감독 유예 등 인센티브 부여

- [개발환경] 다양한 종류의 선행안전난간대 개발 분위기 조성
 - 설계, 제작기준, 안전인증 및 안전기준 마련
 - 제조사의 품질관리 역량 강화
 - 가설기자재 설계·제조 전문가 육성

27

안전난간 선행공법 활성화 방안 및 향후계획

- 시스템비계 작업안전지침 등 기준 개정
 - 작업안전지침에 안전난간 선행공법을 포함한 기준 개정 필요
 - 비계와 구조물 사이 개구부 간격이 30cm 이상인 경우 안전난간 설치 등 안전기준 명확화 필요

구분	한국	일본	영국
비계와 구조물 사이 간격	강 관 : 30cm 시스템 : - * KOSHA GUIDE	30cm *건설업 노동방지 협회지침	22.5cm *Safety Guidance 4 (NASC)

- 제조사별 비계 작업안전 매뉴얼 및 동영상 개발·보급토록 유도
 - 제조사에서 비계작업안전 동영상 제작후 자사 홈페이지에 게시
 - 건설현장에서 안전교육 자료로 활용

- 향후 계획
 - 시스템비계 작업안전지침 등 KOSHA GUIDE 개정
 - 안전난간 선행공법의 작업안전기준, 비계-구조물과 이격거리 안전기준 명확화
 - 이동식비계에도 안전난간 선행공법 적용토록 연구 추진

28

<참고문헌>

1. 고용노동부.(2021). 방호장치 안전인증 고시(고용노동부 고시 제2021-22호). 고용노동부
2. 국토교통부.(2020). 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00). 국토교통부
3. 박주동 등.(2020). 비계작업의 추락재해예방을 위한 선행 안전난간 공법의 도입 타당성 분석. 한국안전학회지, 35(4), pp23-31.
4. 산업안전보건연구원.(2019). 추락재해예방을 위한 비계 안전난간 선행공법의 국내 건설현장 적용에 관한 연구. 산업안전보건연구원.
5. 한국산업안전보건공단.(2020). 건설업 시스템비계 시장 실태조사 결과보고서. 한국산업안전보건공단.
6. 한국산업안전보건공단.(2020).KOSHA GUIDE C-32-2020(시스템비계 안전작업 지침). 한국산업안전보건공단.
7. 한국산업안전보건공단.(2020).KOSHA GUIDE C-30-2020(강관비계 안전작업 지침). 한국산업안전보건공단.
8. 한국산업안전보건공단.(2020). 특허출원 제10-2020-0132931(보조수직재 결합형 수평 선행안전난간대).서울 : 특허청.
9. National Access & Scaffolding Confederation(NASC). (2015). Preventing Falls in Scaffolding Operations, Safety Guidance 4. NASC.
10. WorkSafe New Zealand.(2016). Scaffolding in New Zealand, pp. 60-63.

