

건설작업의 비정형적인 작업분석을 위한 체크리스트의 개발과 적용

박희석¹ · 이윤근² · 옥동민¹

¹홍익대학교 산업공학과 / ²노동환경건강연구소

Development and Application of a Checklist for Analysis of Non-repetitive Work in Construction Industry

Hee Sok Park¹, Yun Keun Lee², Dong Min Ok¹

¹Department of Industrial Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791

²Institute for Labor, Environment and Health Research, Seoul, 131-831

ABSTRACT

Unlike production line works, construction work is non-repetitive in nature. In this study, a checklist was developed to characterize the ergonomic hazards of construction work. Eight existing checklists including OWAS, RULA, and REBA were integrated, and a new version was designed to include more postures of lower extremities. The analysis results obtained using the new checklist showed that manual materials handling (MMH) is the most common risk factor. About 62% of the MMH was done below the knee level or above the elbow level, and 22% was carried out with the trunk twisted more than 60°. The next risk factors were the works done with the knee bent or squatted, or with the shoulders abducted. It can be concluded that the new checklist is successful as a quick and easy tool for screening risk factors of construction works, although it is not capable of determining action levels. Further studies on validation of the checklist are expected.

Keyword: Checklist, Risk Analysis, Musculoskeletal disorders, Construction industry

1. 서 론

1.1 건설업과 근골격계질환

작업관련성 근골격계질환은 우리나라를 포함한 많은 나라에서 산업안전 및 보건의 가장 큰 문제 중 하나로 인식되고 있다. 이에 우리나라에서는 2003년 7월부터 근골격계질환 예방에 대한 사업주의 의무사항이 법제화되는 등, 정부와 민간이 관련 근골격계질환의 예방과 관리를 위한 노력을 경주

해왔다. 그 결과, 대기업을 위주로 제조업 현장에서는 매 3년마다의 유해요인 조사를 포함한 작업개선과 의학적 조치, 유해성에 대한 고지 및 중량물에 대한 조치를 포함한 예방 활동을 실시해오고 있다.

한편, 건설업에서는 정기적인 유해요인 조사를 포함하여 예방활동에 대한 관심과 실행수준이 제조업에 비하여 저조한 실정이다. 하지만 국내외적으로 건설업에서도 근골격계질환이 매우 중요한 산업보건 문제로 대두되고 있다. 2007년 미국의 건설업에서 발생하는 근골격계질환은 연간 6,950

*본 연구는 2009년도 산업안전보건연구원 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

교신저자: 박희석

주 소: 121-791 서울시 마포구 상수동 72-1, 전화: 02-320-1473, E-mail: hspark@hongik.ac.kr

건, 발생률은 80명/10,000명으로 고위험 업종으로 분류되고 있다(OSHA, 2009). 우리나라의 경우, 주영수 등(2003)은 건설업 근로자의 70% 이상이 중량물 작업과 진동을 포함한 근골격계질환의 유해요인에 노출된 것으로 보고하고 있다. 또한 최근 통계(노동부, 2008)에 의하면, 업무상 질병으로 인한 요양자 중에서 건설업에서 발생한 근골격계질환자가 차지하는 비중은 8.7%이었다. 이 중 요통이 차지하는 비중이 94.6%로, 중량물 취급과 같은 작업이 건설업에서의 가장 중요한 질병요인으로 보고되었다.

이와 같이 건설업에서 근골격계질환 문제는 큰 비중을 차지하고 있으나 관련된 국내 연구는 극히 제한적이며, 특히 실제 작업현장을 대상으로 위험요인 노출 특성을 평가한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 건설현장을 직접 관찰하여 근골격계질환의 위험요인을 파악하고자 하였다.

1.2 위험요인 분석기법

근골격계질환을 유발하는 물리적 요인은 반복성, 부자연스러운 자세, 힘을 가하는 작업, 날카로운 면과의 압박, 진동, 저온 등이다. 위험요인들이 다양하고 복잡한 상호관계를 가지고 있으므로 그들에 대한 조사 및 분석이 체계적인 방법에 의해서 이루어져야 한다.

작업 자세를 비롯한 작업부하의 정도를 정량적으로 평가하는 기법으로서 OWAS(Karhu et al., 1977), RULA(McAtamny and Corlett, 1993), REBA(Hignett and McAtamny, 2000) 등이 우리나라에서 흔히 사용되고 있다. 이들은 관찰을 통한 체크리스트 형태의 분석기법으로서, 비디오카메라 등의 장비 이외의 특별한 장비를 요하지 않고 작업수행에 큰 영향을 미치지 않으므로 현장 연구에 많이 활용되고 있다.

이러한 정량적 분석기법을 활용하여 작업부담을 분석한 연구는 국내외에서 빈번히 발표되어 왔으며, 그 대상이 되는 작업은 자동차 조립공정 작업과 같이 반복성이 높고 정형화되어 있는 형태가 대부분이다. 이관석 등(2007)은 RULA와 OCRA(Occhipinti, 1998)기법을 국내 자동차산업 조립 공정 142개 작업을 대상으로 비교 평가하여, OCRA에 의한 평가방법이 RULA에 비해 전반적으로 높은 수준으로 평가하는 것으로 보고하였다. 또한 서승록(2006)은 자동차 조립 공정에 대하여 RULA와 REBA를 토요타 자동차에서 개발한 평가시스템과 비교한 바 있다. 기도형과 박기현(2005)은 제조업에서 발견되는 224개의 자세를 대상으로 하여 세 기법의 정확도를 업종별, 작업내용별, 하지 자세의 균형여부에 따라 분석하였다. 그 결과, 전반적으로 OWAS와 REBA가 RULA에 비하여 자세부하를 저평가하는 것으로 나타났

다. 각 기법들이 서로 다른 적용 상황이 있지만 RULA를 권장하였다. 문찬영 외(2005)는 비대칭 자세를 포함한 18개 자세의 최대지속시간 및 주관적 불편도와 세 기법의 평가 결과를 비교 분석하였다. 전반적으로 RULA가 상대적으로 민감도와 부하 평가의 적절성 등의 관점에서 가장 우수하다고 저자들은 결론지었다. 광원택과 박재희(2005)는 에어 필터 조립공정의 대표적인 작업 자세들을 대상으로 32개의 단위작업을 정의하고 세 기법을 이용하여 각각 분석하였다. 그 결과, RULA가 OWAS에 비하여 상대적으로 Action Level을 높게 평가하고 있으며, REBA도 같은 추세를 보였다. 그리고 RULA가 REBA에 비하여 높게 평가하고 있다고 보고하였다. 이인석 외(2003)는 자동차 조립공정에서 발견되는 42개 작업 자세들을 대상으로 OWAS, RULA, REBA의 세 평가기법을 사용하여 분석하고, 이를 심물리학적 방법을 이용하여 분석한 결과와 비교하였다. 실험 연구를 수행한 결과, 평가기법의 결과와 지각불편도와는 유의한 양의 상관관계가 있으므로 기법의 타당성을 가지며, 상관 정도는 REBA, OWAS, RULA의 순으로 나타났다.

이상에 볼 수 있듯이, 국내에서는 주로 자동차산업의 조립공정과 같은 반복성이 높은 정형화된 작업을 중심으로 관찰적 작업분석기법에 대한 연구가 이루어졌으며, 국외에서도 비슷한 추세이다.

1.3 연구의 필요성 및 목적

RULA, REBA, OWAS를 비롯한 관찰적 분석기법들은 주로 정형적이고 반복적인 작업의 부하를 평가하는데 적절한 방법이어서 건설작업과 같은 비정형화된 작업을 평가하는 데 한계가 있다. 그리고 건설작업에서는 제조업에 비하여 하지작업이 빈번하게 이루어지나, 위의 기법들은 상지에 보다 중점을 두고 개발되었다. 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 OWAS 기법에 워크샘플링 기법을 접목한 PATH(Buchholz et al., 1996)와 같은 방법이 제시되어 있으나, 상체의 세밀한 평가 부분에서 정밀도가 떨어지는 등의 단점을 가지고 있다. 따라서 건설현장을 포함한 비정형적인 작업 평가를 위한 보다 체계적인 분석기법의 필요성이 제기되어 왔다.

이에 본 연구에서는 우리나라의 11개 근골격계 부담작업의 분류체계(노동부, 2003), RULA, REBA, OWAS, OCRA, PATH, 그리고 영국에서 개발된 MAC(Manual handling Assessment Chart, <http://www.hse.gov.uk>)과 QEC(Quick Exposure Check, <http://www.hse.gov.uk>) 등 8가지 방법에서 채택되고 있는 평가체계를 종합 정리하여 공통적인 내용을 추출하였다. 이를 실제 현장작업에 적용하여 현실성이 낮거나 중요성이 낮은 항목을 제거하여 비정

형적 작업의 평가가 가능한 체크리스트 형태의 평가방법을 만드는 것을 목적으로 하였다.

2. 연구 방법

2.1 예비 연구

관찰적 평가기법들이 건설현장에서 적용될 때의 한계점을 파악하기 위하여 실제현장에서 예비실험을 실시하였다. 아파트 건설현장의 콘크리트 타설(콘크리트공), 철골작업(철근공), 비계설치작업(형틀목공)을 대상으로 가장 많이 행해지고 있는 13개의 대표작업을 선별하고, 각 작업을 RULA와 OWAS로 평가하였다. 평가 결과 나타난 주된 문제점은 다음과 같다.

RULA의 경우는 선행 연구의 지적대로 상체는 제대로 평가하나 하체는 그렇지 못하는 결과를 보였다. 또한, 힘/무게의 기준이 2kg, 10kg 등 건설현장에는 현실적이지 않았다. OWAS는 무게/하중을 판정표에서 명확히 반영하지 못해 최종 판정에 오류가 발생할 가능성이 있었다. 예를 들어 콘크리트 붓기의 경우(〔그림 1〕), RULA에 따르면 해당 작업은 정밀조사와 즉각적인 개선이 필요한 것으로 결론을 내릴 수 있는 반면, OWAS는 아무런 조치도 취하지 않아도 되는 것으로 나왔다(〔표 1〕). 이처럼 두 방법의 결과가 상이하게 다른 것은 RULA는 힘/무게 점수에서 추가 점수를 많이 얻어 최종 조치수준이 높아졌고, OWAS는 무게/하중에 차이가 있더라도 AC Code의 변화 폭이 작을 뿐만 아니라 하지 변화에도 둔감하기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 건설작업에 맞게 힘/무게에 대한 정의를 조정하고 최종평가표에서 이 점을 잘 반영할 수 있도록 해야 한다. 그리고 비반복적인 특성을 지니는 작업이므로 반복성보다는 전체 작업에서 해당 자세가 차지하는 비중을 측정하고 이를 평가표에 반영할 수 있는 형태가 바람직한 것으로 나타났다.

2.2 체크리스트 개발

비정형적 작업분석을 위한 체크리스트는 다음 단계들을 거쳐 개발되었다. 우선, 첫 단계로 전술한 8개 분석기법을 신체 부위에 따라 나열하고, 공통된 내용과 그렇지 않은 내용을 분리하여 정리하였다. 정리 후에는 촬영된 여러 건설작업을 대상으로 예비 평가를 실시하여 비정형적 작업의 특성과 현격한 차이가 있거나 중요성이 낮은 항목을 찾는 작업을 하였다. 예를 들어, RULA의 근력사용/활동 점수에서 '주로 정적인 상태로(도구들) 1분 이상 들고 있거나 1분에 4회 이상 반복될 때' 추가 점수를 부여하는 등 반복성과 관련



그림 1. 콘크리트 붓기작업의 대표적인 자세

표 1. 콘크리트 붓기작업의 RULA/OWAS 평가 결과 비교

RULA	점수	자세 점수 A	근육 사용	힘	점수 C	최종 점수	조치 수준
윗팔	1	2	1	3	6	7	4
아래팔	2						
손목	(1+1) 2						
손목 비틀림	1						
	점수	자세 점수 B	근육사용	힘	점수 D		
목	1	3	1	3	7		
몸통	2						
다리	2						
OWAS		허리	상지	하지	무게/하중	AC Code	
		3	1	3	2	1	

있는 항목을 삭제하였고, 작업물/도구의 무게와 관련한 항목은 통합하여 최종 항목을 구성하였다. 진동을 포함한 작업 환경을 평가하는 항목은 제외하였다.

체크리스트 중, 윗팔의 위아래 각도는 RULA와 REBA를 참고로 설정하였다. 용어는 가능하면 '신전', '굴곡'과 같이 전문용어를 쓰지 않고 한글로 쉽게 이해할 수 있도록 하였다. 아래팔에 해당하는 항목은 RULA와 거의 유사하나 팔의 각도를 정의하는 기준에 차이가 있다. RULA는 기준선이 아래팔에 있는 반면, 본 체크리스트에서는 전문가뿐만 아니라 비숙련자의 이해를 돕기 위해 윗팔과 아래팔이 이루는 각도를 이용하여 판단하도록 하였다. 손목은 RULA, REBA와 동일하다. 다리의 자세는 PATH의 분류를 참고로 하여 10 단계로 구성하였고, 다리의 지지여부는 RULA, REBA의 항목과 동일하며, 다리의 추가적 부담은 여러 가이드라인을

참고로 하여 항목을 만들었다. 허리의 앞/뒤 굽힘 및 비틀림은 RULA, REBA를 참고로 하였다. 물건을 드는 경우는 건축현장에서 갱폼, 형틀 인양 등에서 빈번하게 관찰되나 RULA 등에서는 평가하기 곤란한 작업으로서, 본 체크리스트에서는 MAC을 참고로 하였다. 무게/하중은 QEC를 참고로 하여 4단계로, 목과 관련된 항목은 PATH와 동일하게 구성하였다.

2.3 새로운 체크리스트

그 결과, 개발된 체크리스트는 표 2와 같다.

2.4 평가대상 및 방법

직종별 평가대상은 건설현장에서 가장 많은 비중을 차지

표 2. 비정형적 작업 평가를 위한 체크리스트

부위	세부사항	내용	코드명	
팔	윗팔	1) 위 또는 뒤 20° 이내	윗팔각도1	
		2) 위로 20~45° 또는 뒤로 20° 이상	윗팔각도2	
		3) 위로 45~90°	윗팔각도3	
		4) 위로 90° 이상	윗팔각도4	
	아래팔	위아래 각도	1) 0~60°	아래팔상하1
			2) 60~100°	아래팔상하2
			3) 100° 이상	아래팔상하3
		좌우 각도	1) 양팔이 서로 교차하는 경우	아래팔좌우1
2) 한팔 또는 양팔이 몸에서 이탈하는 경우	아래팔좌우2			
손목	위아래 각도	1) 중립자세	손목1	
		2) 위 또는 아래로 0~15°	손목2	
		3) 위 또는 아래로 15° 이상	손목3	
	비틀림	손목 비틀림이 있는 경우	손목비틀림	
다리	자세	1) 무릎을 굽히는 정도가 35° 이하	다리1	
		2) 한 다리로 섭	다리2	
		3) 한 다리 구부림: 한쪽 무릎을 35° 이상 굽힘	다리3	
		4) 두 다리 구부림: 양쪽 무릎을 35° 이상 굽힘	다리4	
		5) 쪼그림: 양쪽 무릎을 90° 이상 굽히는 자세	다리5	
		6) 걷는 자세	다리6	
		7) 무릎 꿇음: 한쪽 무릎 이상을 땅에 꿇은 경우	다리7	
		8) 의자에 앉음	다리8	
		9) 땅에 주저앉아 있음	다리9	
		10) 기어감: 작업자가 손과 무릎으로 움직임	다리10	
	지지 여부	1) 체중이 골고루 양다리에 분포하고 충분히 다리를 움직일 공간이 있는 안정적 자세	다리지지1	
		2) 체중이 한쪽 다리에 쏠리는 자세 또는 불안정하게 앉아있는 자세	다리지지2	
	추가적 부담	1) 작업자가 위치하는 면적이 좁거나 다른 이유로 두 다리 외에 손이나 로프 등 다른 형태의 지지를 추가로 필요로 하는 경우 이것이 제공됨	다리추가1	
		2) 제공되지 않아 모든 부담이 하체로 몰리는 경우	다리추가2	
허리	앞/뒤 굽힘	1) 똑바로 서있는 경우	허리각도1	
		2) 0~20° 앞으로 굽히거나 뒤로 꺾임	허리각도2	
		3) 20~60° 앞으로 굽히거나 뒤로 꺾임	허리각도3	
		4) 60° 이상 앞으로 굽히거나 뒤로 꺾임	허리각도4	
	비틀림/옆으로 기울임	1) 허리를 비트는 경우	허리비틀림	
		2) 옆으로 기울이는 경우	허리기울임	

표 2. 비정형적 작업 평가를 위한 체크리스트(계속)

부위	세부사항	내용	코드명
허리	물건 들기	1) 무릎 위에서 팔꿈치 아래 사이의 높이	들기1
		2) 무릎 아래 또는 팔꿈치 위 높이	들기2
		3) 바닥면 또는 그 이하, 머리 높이 또는 그보다 높은 경우	들기3
무게	작업물/ 대상 무게	1) 5kg 미만	무게1
		2) 5~10kg	무게2
		3) 10~20kg	무게3
		4) 20~30kg	무게4
목	앞/뒤/비틀림	1) 앞, 뒤 또는 옆으로 구부리는 각도가 30° 이하 or 비트는 각도가 45° 이하	목1
		2) 앞, 뒤 또는 옆으로 구부리는 각도가 30° 이상 or 비트는 각도가 45° 이상	목2

하는 직종을 분석하여 우선순위를 부여하였다. 이를 위하여 국가인정 통계로 매년 실시하고 있는 건설업 임금조사표(한국건설산업연구원, 2008)에서 제시된 직종별 구성비를 참고하였다. 이 기준에 의해 전체 건설작업자 대비 작업자 구성비가 2.0% 이상 되는 12개 직종을 선정하였으며, 이 직종을 대상으로 실제 건설현장에서 접근 가능했던 총 40개 단위작업을 대상으로 평가하였다(표 3).

평가현장은 대구광역시 일대 아파트 건설현장이며, 총 14 일에 걸쳐 2인의 인간공학 전문가가 작업 관찰과 실측, 그리고 비디오 촬영을 실시하였다. 이후 연구실에서 촬영된 작업을 재생하여 동작분석을 하였고, 각 평가 항목에 대한 관찰빈도와 각도 등을 실측하여 분석하였다.

표 3. 단위작업 분류 및 구성비

직종	대표작업	단위작업	작업자 구성비	직종	대표작업	단위작업	작업자 구성비	
형틀목공	거푸집작업-조립	벽체조립	20.6%	배관공(계속)	이송	파이프 이송	4.8%	
		슬레이브 조립			내선전공	배선, 설치		철근절단
		가공조립		배선설치		미장공		미장
	거푸집작업-해체	벽체해체		미장공	건축		매물타이 제거	3.7%
		슬레이브 해체					건축	
	거푸집작업-인양	인양		미장공	운반		자재운반	2.7%
		갱폼작업			인양	조적공	조적시공	
보통인부	청소/정리		청소	12.4%	조적공		운반	운반
		정리	내장공			운반	운반	
철근공	절단/가공	절단(반자동커팅)		9.7%	석공	가공	가공	2.1%
		가공-밴딩	건축목공			시공(석재붙임)	시공(석재붙임)	
		절단(수동커팅)				이송	이송	
	조립	슬레이브 조립	건축목공		시공(문틀작업)	시공(문틀작업)	2.0%	
		옹벽 조립			방수공	시공		시공
이송	철근 이송	방수공	시공준비(방수과지)	준비(방수과지)		2.0%		
배관공	가공		가공	5.8%	콘크리트공		타설준비	콘크리트 이송관 설치
		조립	설치			콘크리트타설	타설	
	용접		다지기			다지기	다지기	
	보온					다듬기	다듬기	

3. 결 과

3.1 주요직종별 적용 결과

평가된 작업은 13개 직종 40개 단위작업이나, 본 논문에서 건설업에서 가장 많은 작업자 비중을 차지하고 있는 형틀목공과 철근공을 대상으로 일부만을 토의하였다.

3.1.1 형틀목공

형틀목공 작업은 전체 건설공정에서 큰 비중을 차지하고 있으며 무거운 자재를 많이 다루기 때문에 근골격계질환 위험에 많이 노출되어 있다. 형틀목공의 단위작업은 크게 조립작업, 해체작업, 인양작업으로 나누어지는 데, 이 중 작업빈도가 가장 많은 조립작업과 인양작업을 대상으로 평가 결과를 토의하였다.

조립 작업

조립작업은 윗팔을 45° 이상 들어 작업하는 비율이 전체의 약 80%를 차지하였고, 윗팔과 아래팔이 이루는 각도도 커 팔에 부담이 되는 작업이 많았다. 작업의 절반 정도가 발판 위에 올라가서 폼을 위치시켜 고정하는 일이기 때문에 발판의 이용, 운반에 대한 중요도가 높으나, 발판 없이 작업을 해야 하거나 발판이 충분히 지지되지 못하는 등의 이유로 인해 추락 위험이 존재해 하체에 상당한 부담이 부여되는 것으로 나타났다. 또한 허리에 대한 작업자세 부담은 크지 않으나 중량물 작업빈도가 많은 반면, 목의 과도한 굽힘이나 비틀림을 요구하는 작업의 빈도는 낮은 것으로 나타났다.

인양작업

인양작업은 최소 10kg 이상의 물체를 수직으로 올리는 작업을 반복하기 때문에 큰 부담으로 작용하고 있었다. 또한 인양을 위해 작업자가 위보기 또는 아래보기를 하므로 목에 큰 부담이 가해지게 된다. 또한 인양 시 위에서 받는 작업자가 부상 방지를 위해 손목을 비튼 채로 형틀을 받기 시작하는데, 반복적으로 무거운 물건을 받기 때문에 부상 우려가 높았다. 평가 결과, 중량물 작업과 목 및 윗팔의 부적절한 자세 비중이 문제점으로 나타났다.

3.1.2 철근공

철근공은 보통인부를 제외하면 건설업에서 형틀목공 다음으로 작업자 비중이 많은 직종이다. 단위작업은 크게 절단, 가공, 운반, 조립작업으로 나누어지는 데, 이 중 가장 많은 작업 비중을 차지하는 조립작업을 대상으로 평가 결과를 토의하였다.

철근공은 양 팔을 치켜들거나 쪽 편 상태로 작업하는 비율이 낮으며, 추락의 위험이 없거나 낮은 장소에서 작업하는 경우가 많다. 철근을 가공, 운반하는 등의 작업은 선 채로 하는 경우가 많아 허리 및 다리에 대한 부담이 낮으나, 철근을 묶는 작업 특히, 천장/바닥 부위에 철근 고정작업을 할 경우 지속적으로 쪼그린 자세로 작업을 하기 때문에 그로 인한 문제가 발생할 수 있다.

3.2 전체 평가 결과 요약

건설업에서 작업 비중이 많은 상위 13개 직종을 대상으로 총 40개 단위작업에 대해 평가한 후, 이를 통합 정리하여 건설업 근로자의 위험요인 노출 특성을 분석하였다. 표 4에서 알 수 있듯이, 건설업에서 노출빈도가 가장 많은 요인은 중량물 취급 작업으로 나타났다. 특히 중량물 취급 작업 중 62%는 중량물을 무릎 아래 혹은 팔꿈치 높이 이상에서 드는 것으로 나타났으며, 38%는 작업자 키 이상 또는 이하의 높이에서 작업물을 다루는 것으로 나타났다. 작업자가 취급하는 작업물의 무게는 75% 정도가 10kg 이상이며, 그 중 약 22%는 작업자가 혼자 취급하기 힘든 20kg 이상의 작업물인 것으로 나타났다. 또한 허리 부위의 작업 자세의 36.6%가 20° 이상 허리를 굴절시키며, 22.2%는 60° 이상 심하게 굴절된 상태로 작업을 실시하고 있는 것으로 나타났다.

그 다음 문제되는 위험요인은 어깨 부위와 무릎 부위로 나타났다. 윗팔이 45° 이상 들린 상태에서 작업하는 경우가 57.2%로 나타났다. 또한 작업 중 약 30% 정도는 하체가 안전하게 지지되지 못한 곳 또는 불안정한 자세로 작업을 실시하며, 쪼그림-한다리/두다리 구부림의 작업자세 빈도가 35%로 나타났다.

목의 자세는 대부분 중립 자세를 취하지만 자재의 인양 또는 협소한 공간에서 목을 30° 이상 굴절시키거나 비트는 작업 자세의 빈도는 20.6%로 나타났다. 손목은 90% 이상 수평이 아닌 자세를 취하며, 손목이 15° 이상 과도하게 비틀리는 등 손목에 집중적인 부담이 가는 경우는 15.2%로 나타났다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 반복성이 낮고 비정형적 작업을 분석하는데 사용될 체크리스트를 개발하는 것을 그 목적으로 하였다. 이를 위해 국제적으로 많이 이용되고 있는 평가방법에서 제시하고 있는 평가체계를 분석한 후 공통적인 내용을 추출

표 4. 건축현장 전체 작업자세 평가 결과

코드	관측 빈도	비율 (%)	코드	관측 빈도	비율 (%)	코드	관측 빈도	비율 (%)
윗팔각도1	48.5	25.00	다리2	0	0.00	허리각도4	43	22.16
윗팔각도2	34.5	17.78	다리3	19	9.79	합	194	100.00
윗팔각도3	63.5	32.73	다리4	18	9.28	허리비틀림	3	30.00
윗팔각도4	47.5	24.48	다리5	24	12.37	허리기울임	7	70.00
합	194	100.00	다리6	23	11.86	합	10	100.00
아래팔상하1	8	4.12	다리7	7	3.61	들기1	14	37.84
아래팔상하2	69	35.57	다리8	0	0.00	들기2	9	24.32
아래팔상하3	117	60.31	다리9	0	0.00	들기3	14	37.84
합	194	100.00	다리10	0	0.00	합	37	100.00
아래팔좌우1	1	100.00	합	194	100.00	무게1	7	7.95
아래팔좌우2	0	0.00	다리지지1	140	72.16	무게2	14	15.91
합	1	100.00	다리지지2	54	27.84	무게3	48	54.55
손목1	19.5	10.05	합	194	100.00	무게4	19	21.59
손목2	145	74.74	다리추가1	1	2.00	합	88	100.00
손목3	29.5	15.21	다리추가2	49	98.00	목1	154	79.38
합	194	100.00	합	50	100.00	목2	40	20.62
손목비틀림	9	100.00	허리각도1	35	18.04	합	194	100.00
합	9	100.00	허리각도2	88	45.36			
다리1	103	53.09	허리각도3	28	14.43			

하여 새로운 평가표를 완성하였고, 이를 비정형적 작업의 대표적인 건설작업현장에 직접 적용하여 각 항목에 대한 노출 빈도를 평가하였다.

그 결과, 건설업 전체에서 노출빈도가 가장 많은 위험요인은 중량물 작업으로 나타났으며, 그 다음 문제되는 신체 부위는 무릎과 어깨 부위로 나타났다. 특히 평가대상 작업 중 62%가 부적절한 자세(무릎 아래 혹은 팔꿈치 높이 이상에서 드는 경우)에서 들기작업이 이루어지는 것으로 나타났다. 또한 중량물 무게는 75% 이상이 10kg 이상으로 분석되었는데 10kg 이상을 어깨 높이 혹은 무릎 아래에서 1일 25회 이상 드는 작업을 위험작업으로 판단하고 있는 평가기준(OSHA, 1999; WDLI, 2000; 노동부, 2003)을 참고할 때 위험도 또한 매우 높은 것으로 보인다. 이와 같이 허리 부위의 위험도가 높게 나타난 것은 이윤근 등(2009)이 보고한 건설 근로자의 근골격계질환 증상호소율(허리 44.3%, 어깨 42.5%, 다리 40.3%)과 일치하는 경향을 보이고 있다.

이처럼 허리 부위의 위험요인과 이로 인한 요통 문제는 건설업에서 가장 중요한 문제이다. Schneider et al.(1998)의 연구에 의하면 건설업에서 가장 중요한 위험요인은 무리한 힘 특히, 중량물 작업이라고 하였으며, 그 다음이 허리 숙이기 및 쪼그리기 등의 작업 자세라고 보고하였다. 또한

이러한 위험요인의 노출 비중은 비건설업에 비해 3배 이상 높다고 하였다.

한편 건설업의 위험요인 노출 특성은 직종에 따라 다소 차이가 있는 것으로 보고하고 있다. 건축목공에서 자재 부착 작업은 목/어깨, 손목 부위가 가장 중요한 위험요인이며, 형틀목공은 허리, 손목, 무릎 부위의 위험요인이 높은 것으로 알려져 있다(Bhattacharta et al., 1997). 이윤근 등(2009)의 연구에 의하면 형틀목공의 위험요인은 허리, 무릎, 팔꿈치, 손목 부위가 다른 부위에 비해 상대적으로 높다고 하였으며, 철근공은 무릎, 허리, 어깨 부위의 위험도가 높다고 하였다. 본 연구에서도 형틀목공은 들기작업(관찰빈도 50%)과 다리 부위 부적절한 자세(관찰빈도 29%)가 문제되고 있었으며, 철근공은 중량물(83.3%), 어깨(59%), 허리(39%), 다리 부위(27%)의 순서로 부적절한 작업 자세의 관찰빈도를 보였다.

건설업은 고정된 작업장과 시설이 없으며, 작업자 또한 매우 유동적이고, 작업 특성도 표준화되어 있지 않은 특성으로 인해 예방관리 대책을 수립하는 데 한계가 있어 왔다. 따라서 건설업에서의 예방관리 대책은 설비 중심이 아닌 작업 장비 및 공구 중심으로 개선안이 이루어져야 한다. 연구 결과를 바탕으로 건설업의 위험요인 노출 및 근골격계질환 발

생 특성을 고려할 때, 중량물 들기작업(허리)과 작업 위치가 높고 낮음에 따른 위보기 자세(어깨) 및 쪼그리기 자세(무릎) 혹은 아래보기 자세(허리)를 우선적으로 개선해야 한다. 이를 위해서는 가볍고 휴대 혹은 이동성이 쉬운 보조 발판 및 보조의자 개발이 필요하며, 중량물 들기작업 부담을 최소화할 수 있는 종합적인 방법(경량화, 작업 자세 및 방법 개선, 보조도구 사용 등)이 개발되어야 한다. 또한 건설업 근로자들의 근골격계질환에 대한 예방 교육이 거의 이루어지지 않았고 작업자 인식이 매우 낮은 것으로 보고한 연구 결과(이윤근 등, 2009)를 참고할 때 근로자 예방 교육이 조속히 이루어져야 하겠다.

건축현장은 정형적인 작업장과 달리 한 작업자가 담당하는 과업이나 동선이 일정하지 않고 상황에 따라 매번 다른 작업이 수행되기 때문에 작업 자세를 평가하는 데 많은 어려움이 있다. 따라서 전체 작업을 추적하여 신체에 부담 가능성이 있는 작업 또는 장시간 같은 자세로 하는 작업 등을 골라내기 작업 평가에 긴 시간이 소모된다. 또한 작업 시 취하는 자세도 다양하기 때문에 일반적인 작업평가 도구보다 위와 같은 방법으로 각 단위작업의 대표 자세를 평가하고 합산하여 단위작업별 또는 직종별로 가장 많이 노출된 신체 부위별 자세를 파악해 부담 여부를 평가하는 방법이 바람직하다고 볼 수 있다.

본 연구를 통해 제시된 평가방법은 바로 이러한 한계점을 극복하기 위해 개발된 것이다. 그 결과, 새로운 체크리스트는 기존 상지 중심의 체크리스트에서 간과되었던 하체 부분을 보다 상세하게 평가할 수 있도록 구성되었다. 현재 시점에서는 Action Level에 대한 결정을 내리는 성능은 없지만 위험요인을 체계적으로 정리하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

한편, 본 체크리스트의 항목 중, 빈도 수가 없는 것으로 관찰되었던 체크리스트 항목들과 관측빈도가 매우 낮은 항목들의 제거 가능성 여부는 보다 많은 적용과정을 통해 결정되어야 할 것으로 사료된다. 또한 추후 연구에서는 보다 긴 기간을 통하여 다양한 형태의 작업을 관찰할 필요가 있으며, 본 체크리스트의 타당성(validity)과 신뢰도(reliability)를 검증하는 후속연구가 요망된다.

참고 문헌

곽원택, 박제희, 인간공학작업분석평가 도구에 따른 근골격계 부담작업 평가 결과의 차이, *한국안전학회 춘계학술대회 논문집*, 161-166, 2005.
 기도형, 박기현, 작업자세 평가기법 OWAS, RULA, REBA 비교, *한*

- 국안전학회지*, 20(2), 127-132, 2005.
 노동부, 근골격계 부담작업의 범위, 노동부고시 제2003-24, 2003.
 노동부, 2007 산업재해분석. 노동부 산업보건환경과, 2008.
 문찬영, 나석희, 기도형, 정민근, 최대지속시간에 근거한 관찰적 자세평가 기법의 평가, *대한인간공학회지*, 31(4), 289-296, 2005.
 서승록, 자동차 조립공정에 대한 작업자세 평가도구의 비교, *대한인간공학회지*, 25(3), 61-66, 2006.
 이관석, 김재형, 정민수, 전성재, 천영지, 자동차 산업에서의 OCRA Checklist와 RULA 평가 비교, *대한인간공학회지*, 26(4), 153-160, 2007.
 이윤근, 박희석, 임상혁, 윤간우, 박종국, 건설 근로자의 근골격계질환 증상 및 위험요인 노출 특성, 한국산업안전보건공단, 2009.
 이인석, 정민근, 최경임, 지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교, *대한인간공학회지*, 22(1), 43-56, 2003.
 주영수, 김수근, 이윤근, 권영준. 건설업 직업성질환 업종중심 감시체계 구축. 한국산업안전공단, 2003.
 한국건설산업연구원. 건설업 임금실태조사 개선방안 연구(II), 건설산업연구원, 2008.
 Bhattacharya, A., Greathouse, L., Warren, J., Li, Y., Dimov, M., Applegate, H., Stinson, R. and Lemasters, G., An Ergonomic Walkthrough Observation of Carpentry Tasks: A Pilot Study, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 12(4), 278-287, 1997.
 Buchholz, B., Paquet, V., Punnett, L., Lee, D. and Moir, S., PATH: A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work, *Applied Ergonomics*, 27(3), 177-187, 1996.
 Hignett, S. and McAtamny, L., Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205, 2000.
<http://www.hse.gov.uk>
 Karhu, O., Kansil, P. and Kuorinka, I., Correcting working postures in industry: A practical method for analysis, *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201, 1977.
 McAtamny, L. and Corlett, E. N., RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.
 Occhipinti E., OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs, *Ergonomics*, 41(9), 1290-1311, 1998.
 Occupational Safety and Health Administration, Federal register, 64(225), Ergonomics Program, OSHA, 1999.
 Occupational Safety and Health Administration. Nonfatal occupational illnesses by category of illness, private industry. U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics, 2009.
 Schneider, S., Griffin, M. and Chowdhury, R., Ergonomics Exposures of Construction Workers: An Analysis of the U.S. Department of Labor Employment and Training Administration Database on Job Demands, *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 13(4), 238-241, 1998.
 Washington Department of Labor and Industries. Appendix B: Criteria for analyzing and reducing WMSD hazards for employers who choose the specific performance approach, 2000.

● 저자 소개 ●

❖ 박 희 석 ❖ hspark@hongik.ac.kr

미시간대학교 산업공학과 박사

현 재: 홍익대학교 산업공학과 교수

관심분야: 산업인간공학, HCI

❖ 이 윤 근 ❖ lyk4140@hanmail.net

가톨릭대학교 보건학 박사

현 재: 노동환경건강연구소 책임연구원

관심분야: 산업보건, 산업인간공학

❖ 옥 동 민 ❖ jamiroquais@naver.com

홍익대학교 산업공학과 학사

현 재: 홍익대학교 대학원 산업공학과 석사과정

관심분야: 산업인간공학, HCI

논문접수일 (Date Received) : 2010년 02월 02일

논문수정일 (Date Revised) : 2010년 04월 19일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 04월 20일