

# 건설노무자의 근골격계 부담작업 측정 방안 개발

## Development of a method to measure musculoskeletal load for construction workers

김 균 태\*      김 창 한\*\*

Kim, Kyoon-Tai    Kim, Chang-Han

### Abstract

Unlike other craft workers, construction craft workers perform their work under diverse working conditions, which means that their working pattern and postures continuously change. While construction craft workers are vulnerable to musculoskeletal disorders, due to the unique factors of their working conditions, their actual condition has not yet been accurately investigated. For this reason, this research aims to develop a method of measuring the musculoskeletal load of construction workers by reviewing various motion measuring methods to which state-of-the-art sensors are applied. This research is expected to serve as the basis for developing a system to measure the musculoskeletal load of construction workers.

Keywords : Construction worker, musculoskeletal disorders, Construction Safety, Work Efficiency

키 워 드 : 건설기능공, 근골격계질환, 시공 안전성, 작업효율

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

타산업의 기능인력과는 달리, 건설산업의 기능인력은 다양한 작업환경에서 작업을 수행하므로, 동일작업을 수행하는 경우에도 작업형태와 자세의 변화가 발생한다. 이러한 작업형태와 자세의 변화로 인하여 건설기능인력은 불안정한 환경에서 불편한 자세로 중량의 자재 및 공구를 사용하여 단순작업을 반복하여 수행하는 경우가 많고, 이러한 작업특성으로 인해 신체 특정부위에 무리한 작업부하가 가해지게 된다. 그리고 최근에는 기계화로 인한 빠른 작업속도로 인하여 작업자에게 가해지는 작업부담이 더욱 가중되고 있다[1].

이러한 작업특성으로 인하여 건설기능인력은 근골격계 질환의 위험에 노출되어있으나, 그 실태조차 정확하게 파악되지 못하고 있는 실정이다. 그 원인은, 건설산업은 기능인력의 안전에 대한 관심도가 낮다는 측면도 있으나, 다양하게 변화되는 건설작업 특성에 적합한 측정도구가 없다는 점도 주요한 원인이 된다. 따라서 건설작업의 근골격계 부담을 측정하기 위한 도구의 개발이 시급한 실정이다.

본 연구의 목적은 첨단센서를 복합적으로 적용한 다양한 동작

측정방법을 검토하여 건설노무자의 근골격계 부담작업 측정 방안을 개발하는 것이다. 본 연구의 결과는 향후 건설노무자의 근골격계 부담작업 측정시스템 개발의 기반이 될 것으로 기대된다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 우선 건설기능인력의 근골격계 질환사례를 조사하고, 건설공사의 대표적 작업인 철근공을 대상으로 현장작업형태를 분석한다. 그리고 첨단기술을 활용한 동작측정방안을 조사하여 건설기능인력 동작측정에 가장 적합한 측정방식을 제안하는 것으로 연구의 범위를 한정한다.

## 2. 건설기능인력 근골격계 질환 사례

근골격계 질환은 반복적인 동작, 부적절한 작업 자세, 무리한 힘의 사용, 날카로운 면과의 신체 접촉, 진동 및 온도 등의 요인에 의하여 발생하는 건강장애로서 목, 어깨, 허리, 상·하지의 신경근육 및 그 주변 신체 조직 등에 주로 나타나는 질환을 말한다. 건설산업에서는 그 특성으로 인하여 기능공의 작업환경 및 작업형태가 수시로 변화된다. 따라서 표 1과 같이, 건설 기능인력의 신체 특정부위에 무리한 작업부하가 가해지게 되며, 이는 근골격계 질환과 같은 다양한 질병의 원인이 된다.

\* 한국건설기술연구원 건설관리경제연구실 수석연구원, 공학박사, 교신저자(ktkim@kict.re.kr)

\*\* 한국건설기술연구원 건설관리경제연구실 연구원

표 1. 건설 기능인력의 근골격계 위험작업 사례[2]

항목	내용	건설업 사례
위험작업 사례	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 위팔을 90도 이상 들고 위보기 자세로 작업하는 경우</li> <li>□ 팔을 뻗어 물건을 드는 작업을 반복하는 작업</li> </ul>	
일반적인 증상	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 목과 어깨 근육 뭉침</li> <li>□ 목통증, 머리 및 어깨, 팔로 통증이 뻗침(특히 손을 머리위로 작업 시 통증이 심해짐)</li> <li>□ 목의 움직임 제한</li> <li>□ 어깨 통증, 손을 펴서 들거나 몸 밖으로 펼칠때 근력저하</li> <li>□ 어깨 관절 회전 시 어깨통증</li> <li>□ 밤에 어깨통증 증가</li> </ul>	
건설작업 사례	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 도배작업, 전기공사작업, 배선작업, 인테리어 작업, 배관작업, 중장비 운전 작업(과도한 핸들 조작 등)</li> </ul>	

### 3. 건설 노무자 작업 형태 분석

철근 노무자의 작업형태를 분류하면 크게 그림 1과 같으며, 각 작업의 근골격계질환 유해요인을 분석하면 표 2와 같다.

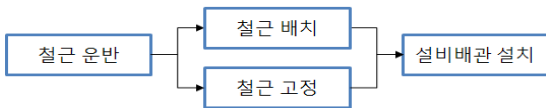


그림 1. 철근 노무자의 작업형태

### 4. 건설 노무자 동작측정 방안

본 연구의 대상인 손목과 어깨는 그림 2와 같은 운동을 하고 있다. 본 장에서는 이러한 운동을 측정하기 위한 대안으로, 표 3과 같이 다양한 동작추적 기술과 동작측정 기술을 분석하고 본 연구에 적용하기 적합한 기술적 대안을 검토한다.



그림 2. 손목과 어깨의 운동형태[4]

표 3에 제시된 기술들에 대해 분석을 해보면, 동작 추적 기술 대안은 동작 측정기술에 비해 상대적으로 개발비용이 높으며, 또한 다양한 환경적 변수의 영향을 받으므로 건설현장에 적용하는데에는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 동작측정기술 중 자이로 센서와 다기능 웨어러블 센서를 조합하는 방식으로 건설기능인력의 동작측정 시스템을 개발하는 것이 최적의 대안이라 판단

된다. 이러한 시스템은 경제성, 개발성 측면에서도 우수할 것으로 예상된다.

표 2. 철근공의 근골격계질환 유해요인

직종	철근공(설치 작업)		
작업 개요	건축 구조물의 인장력을 부여하기 위한 철근을 운반, 배치, 고정, 그리고 배관설치하는 작업으로 노동력 투여비중이 높음		
	작업내용		손상 가능부위
작업 단위	1. 운반	4개의 철근을 어깨에 얹어서 운반하는 작업 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 허리과 어깨, 목 그리고 손목부위</li> <li>- 근골격계 부담작업 9호(자재 취급으로 하우에 25회 이상 10kg 이상의 물체를 무릎 아래 또는 어깨 위, 팔을 뻗은 상태로 작업)[3]</li> </ul>
	2. 배치	철근을 쪼그려 앉은 자세로 배근하거나 수직철근에 띠근을 고정하기 위해 철근 결속선 핸들과 결속선을 이용하여 작업 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 손목과 팔꿈치, 어깨, 무릎</li> <li>- 근골격계 부담작업 5호(하루에 총 2시간 이상 다리를 쪼그리거나 무릎을 꿇은 상태로 작업)[3]</li> </ul>
	3. 고정	철근 결속선 핸들과 결속선을 이용하여 허리를 굽힌 자세, 또는 쪼그려 앉은 자세로 슬래브의 철근이나 벽철근 등을 결합하는 작업 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 손목, 팔꿈치, 어깨, 무릎 및 허리</li> <li>- 근골격계 부담작업 4호(하루에 총 2시간 이상 목이나 허리 부위를 굴곡하거나 회전시키거나 측면으로 기울인 상태에서 작업)[3]</li> </ul>
	4. 배관 설치	철근 결속선 핸들과 결속선을 이용하여 허리를 굽힌 자세, 또는 쪼그려 앉은 자세로 슬래브나 벽근 등을 결합하는 작업 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 손목, 팔꿈치, 무릎 및 허리</li> <li>- 근골격계 부담작업 2호(하루에 총 2시간 이상 손목이나 팔꿈치, 어깨, 목 부위를 반복적으로 사용하는 작업)[3]</li> </ul>
작업 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중량물 취급</li> <li>- 철근(약 8kg),</li> </ul>	공구사용 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 철근 결속도구</li> <li>- 수동 커터</li> </ul>

### 5. 결 론

건설기능인력은 그 작업의 특성으로 인하여 근골격계 질환의 위험에 노출되어있다. 그러나 건설산업은 기능인력의 안전에 대

한 관심도가 낮다는 점과 함께, 다양하게 변화되는 건설작업 특성에 적합한 측정도구가 없다는 한계가 있다. 이로 인하여, 건설 기능인력의 근골격계질환은 실태조차 정확하게 파악되지 못하고 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위하여, 건설공사의 대표공종인 철근공에 대한 작업을 분석하고, 첨단센서를 활용한 동작측정방법을 검토하여, 건설노무자의 근골격계 부담작업 측정 방안을 제시하였다. 분석결과 건설노무자 중 철근공은 근골격계 질환 제2호, 제4호, 제5호 및 제9호 등 다양한 위험에 노출되어 있었다. 그리고 이러한 다양한 위험에 노출된 동작을 측정하기 위해서는 자이로 센서를 비롯한 다기능 웨어러블 센서를 조합하는 방식으로 건설기능인력의 동작측정 시스템을 개발하는 것이 가장 적합한 것으로 판단하였다. 본 연구의 결과는 향후 건설노무자의 근골격계 부담작업 측정시스템 개발의 기반이 될 것으로 기대된다. 개발된 시스템은 건설 기능인력의 위험자세 개선을 통해, 건설재해 발생을 저감을 위한 보다 능동적인 지원이 가능하여, 궁극적으로는 건설작업의 효율 향상, 재해경감 등에 기여할 것으로 예상된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 2010 창의연구사업(시드사업 : 2010-0024) 결과의 일부인.

### 참고 문헌

1. 김균태 외, 기능인력 작업환경 개선을 위한 체감형 동작측정시스템 개발, 한국건설기술연구원, 2010
2. 전국건설산업노동조합연맹 & 노동환경건강연구소, 건설연맹활동가를 위한 노동안전보건활동 지침서
3. 고용노동부 고시 제2009-56호, 근골격계 부담작업의 범위, 2009.9
4. 조창연 외 건설노무 부하측정장치 설계를 위한 건설노무자 작업형태 분석, 2010년도 한국건설관리학회 정기학술 발표대회논문집, 한국건설관리학회, pp125~126, 2010.11

표 3. 동작추적과 동작측정 기술의 종류, 특성 및 장단점

구분	동작 추적 기술				동작 측정 기술		
	음향식	기계식	자기식	비전트래킹	근전도 센서	자이로센서	다기능 웨어러블 센서
측정방식	-음파	-센서저항	-자기장	-광학	-전기량	-각운동량	-다양함
측정적합 운동	-동작이 큰 운동	-모든 운동	-동작이 큰 운동	-모든 운동	-	-회전운동	-다양함
오차율	-주위 상황에 따라 변함	-정밀함	-주위 상황에 따라 변함	-정밀함	-프로그램 해석능력에 따라 다양	-정밀함	-정밀함
경제성	-타 동작추적기술 대비 저가	-초고가	-타 동작추적기술 대비 저가	-초고가	-고가	-측정능력에 따라 다양(상대적 저가)	-측정능력에 따라 다양(상대적 저가)
장점	-타 동작추적기술 대비 저가	-건설현장에 적용 용이	-타 동작추적기술 대비 저가	-정밀한 추적 가능	-정확한 근육의 전기발생량을 측정 가능 -상대적 저가	-다양한 운동에 대한 해석 가능 -상대적 저렴 -다양한 크기, 형태, 특징의 센서 존재	-다양한 센서 조합에 의한 다양한 운동의 측정 및 해석 가능
건설현장 적용 시 문제점	-방해음파 등 건설현장의 특징으로, 현장적용시 측정신뢰도 저하 우려(기술적 한계)	-초기투자비용, 개발기간 과다(시드사업 적용 곤란)	-방해자기장 등 건설현장의 특징으로, 현장적용시 측정신뢰도 저하 우려(기술적 한계)	-별도의 고정된 관측지점이 필요 -가변적 상황변화, 옥외작업의 건설현장 적용에 한계	-야외(건설현장)에서 사용 불가 -기계에게 최적화된 환경(병원 등 실내)에서 사용해야 성능 극대화	-운동에 대한 해석 필요	-운동에 대한 해석 필요