3차원 동작분석시스템을 이용한 중량물 들기 작업의 평가

박재희 · 강신길*

*한경대학교 안전공학과 · *한국과학기술원 기계공학과*

1. 서론

그 동안 정부, 기업, 산업안전인의 노력으로 통계 상 국내의 산업재해 발생건수가 1991년 이후 크게 줄어들고 있는 것이 사실이다. 그러나 최근 들어 불편한 작업자세로 오랜 기간동안 작업할 때 나타날 수 있는 누적외상병 (CTD; Cumulative Trauma Disorder)에 대한 보고와 자각 증세를 호소하는 노동자들은 점차 늘고 있다. 특히 불편한 작업 자세로 장시간 중량물을 취급할 경우 요통재해로 발전할 가능성은 매우 높다.

정민근 등(1997)의 조사는 1992년부터 1994 년까지 포항 지역의 재해자 중 781 명 약 13.4 %가 요통재해자라는 것을 밝힌 적인 있는데, 이 사실만으로도 그 심각성을 쉽게 알 수 있다. 특히 요통재해의 원인 중 들기 작업이 26.9% 로 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 보고하고 있다.

따라서 요통재해를 예방하기 위해서는 산업 현장에서 이루어지는 여러 형태의 작업자세에 대한 평가와 이에 의거한 작업 무게 제한과 작업개선이 요구된다. 이미 중량물 취급 작업에 대해서는 미국 NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health) 에서 무게 제한을 설정하는 방법을 개발하여 널리 사용되고 있기도 하다 (NIOSH 1981). 물론 이 방법은 그간의 수 많은 생체역학적, 생리학적, 심리학적 연구들을 근간으로 개발된 것이기는 하나 구체적 상황에서의 근골격계의 부하를 평가해주고 있지는 못하다.

이에 본 연구에서는 3차원 동작분석 시스템과 힘판(force platform)을 사용한 인체 동작 부하 평가 시스템을 개발하였다(박재희 등, 1998). 이 시스템은 인체 애니메이션 생성, 보행분석(gait analysis) 등에도 사용될 수 있으나 산업안전 측면에서는 중량물 들기 작업에 대한 평가에 활용할 수 있다. 여기에서는 개발된 이 시스템에 대한 설명과 이를 이용한 들기 작업의 시험적 평가가 이루어졌다.

2. 인체 동작부하 평가 시스템 개발

인체 동작부하 평가 시스템은 3차원 동작분석시스템인 VICON140™과 AMTI™ 힘판(force platform)으로 구성되며 분석 S/W가 자체적으로 개발되었다. VICON140 장비는 2 대 이상의 적외선 CCD 카메라를 사용하여 인체에 부착한 적외선 반사 표식들(markers)을 포착한 후 이를 이미지처리(image processing) 방법을 이용하여 표식들의 3 차원 좌표를 얻어내는 장비이다. 지표면에 설치되는 힘판(force platform)은 피실험자의 지면 반력(ground reaction force)을 6 축에서 동시에 측정하게 된다. 이렇게 측정된 지면 반력과 인체 각 관절의 3차원 좌표는 힘의 평형방정식에 대입되어 신체 어느 부위에서의 모멘트도 계산할 수 있게 한다. 개발된 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

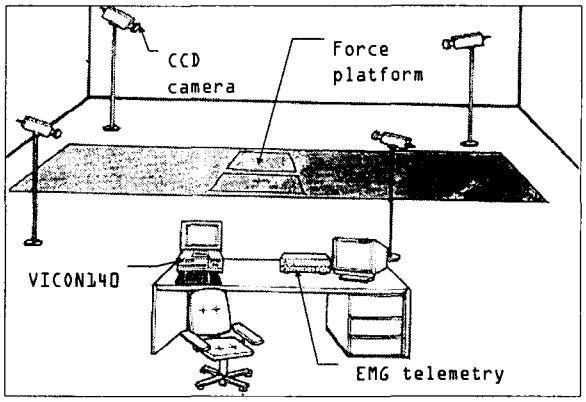

그림 1. 인체 동작부하 평가시스템의 구성

개발된 S/W 에서는 크게 두 개의 분석 기능을 갖는다. 첫째, 표식이 부착된 각 관절의 3차원 좌표 값의 변화를 분석할 수 있다. 간혹 어떤 표식이 인체나 물체에 의해 가려진 범위에 대해서는 다양한 보간 방법들을 이용하여 적절한 좌표 값이 추정되도록 했다. 둘째, 각 관절의 3 차원 좌표 값 계산이 끝나면 지면반력 데이터와 결합하여 각 관절에서의 힘과 모멘트를 분석하도록 했다. 계산된 좌표와 힘의 변화는 시간 축 상의 그래프로 표시되게 했다. 이외에도 3차원 애니메이션의 생성 기능 등이 부수적으로 개발되었다(박재희 등, 1998).

3. 중량물 들기 작업의 평가

개발된 시스템을 우선적으로 산업안전 분야의 주요 문제인 중량물 들기 작업 평가에 이용해 보았다. 이를 통해 시스템에 대한 성능 평가 작업이 이루어졌다. 대상이 된 작업은 중량물의 부하가 0, 3, 6, 9 Kg중 인 네 개의 경우인데, 5 명의 피실험자에 대해 이를 무릎을 굽혀 드는 자세와 허리를 굽혀 드는 자세로 들도록 했다. 또한 바닥의 물건을 들은 후 몸통을 비틀며 올리는 작업에 대한 평가도 이루어졌다.

실험을 위한 표식 부착 프로토콜(protocol)을 설정했는데 표식 부착의 위치는 사지의 주요 관절과 척추의 여러 점들이다. 피실험자들은 몸에 밀착하는 검은 색 싸이클 선수복을 착용시킨 후 지정된 18 곳의 신체 관절 부위에 표식(spherical marker)을 부착한 다음 중량물을 들어올리도록 했다. 피실험자는 물건을 정상 속도로 가슴까지 들어올린 후 다시 내려놓도록 했다. 이러한 물건을 드는 동작은 3차원 동작측정시스템으로 전 과정이 측정되었으며, 측정된 데이터는 소프트웨어를 이용해 분석되었다.

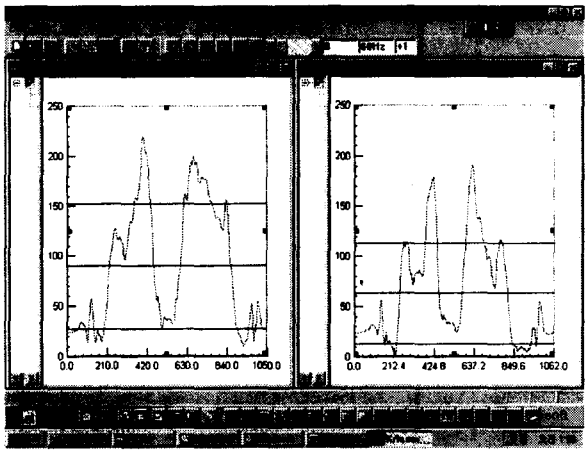

그림 2. 개발된인체동작 부하 평가 S/W

평가를 위한 종속변수로는 여러 관절이 고려될 수 있으나 여기서는 다섯 번째 허리등뼈(lumbar)와 첫 번째 엉치등뼈(sacrum) 사이 지점, 즉 L5/S1 지점에서의 모멘트(moment)로 설정하였다. L5/S1 지점은 허리 디스크가 가장 많이 발생하는 지점으로 인체역학 분석 시 기준으로 삼는 부위이다(Chaffin, 1984; Park, 1974; Winetr, 1990). 그래서 L5/S1 관절 지점에 부착한 표식에서의 x,y,z 방향의 모멘트를 계산하고 그 합을 계산해 그래프로 표시하였다. 이를 보면 물건을 들어올리는 순간과 내려놓는 순

간에 모멘트가 크게 첨두치(peak value)를 보이는 것을 알 수 있다. 분석을 위한 데이터는 이 두 첨두치의 평균을 사용하였다. 그 결과 작업부하 간에 L5/S1 지점에서의 모멘트에 통계적으로 유의한 차이(P=0.0047)가 있는 것으로 나타났다(박재희 1998). 또한 몸통을 비트는 작업에서는 수직 축에 대한 모멘트가 크게 증가하는 것을 관찰 할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서 개발된 인체 동작부하 평가 시스템은 중량물 들기 작업의 안전도 평가에 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 특히 작업 간의 상대적 비교에는 매우 효과적일 것으로 판단된다. 이러한 방법이 NIOSH 의 평가 방법 등과 적절히 병행되어 사용된다면 위험한 중량물 들기 작업에 대한 제한과 개선 등이 정량적 평가를 통해 이루어질 수 있을 것이다. 추후 본 시스템 내에 NIOSH의 Lifting Index 식을 넣어주어 자동으로 Index 가 계산되어 나오도록 하는 과제가 계획 중이다.

참고문헌

1) 박재희 등, 인체 동작반응 측정평가시스템 개발, 한국표준과학연구원, 1998.
2) 정민근, 정비작업에 대한 인체역학적 부하 및 작업자세 평가, 대한인간공학회지, 16(3), 49-60, 1997.
3) NIOSH, Work prediction guide for manual lifting, NIOSH technical report No. 81-122, NIOSH, 1981.
4) Chaffin, D.B., and Andersson, G.B.J. Occupational biomechanics, John Wiley & Sons, 1984..
5) Park, K.S. and Chaffin, D. A biomechanical evaluation of two methods of manual load lifting, AIIE Transactions, 6(2) 105-11, 1974.
6) Winter, D.A. Biomechanics and motor control of human movement, John Wiley & Sons, 1990.