

플랫타이 인력물자취급시 몸통 비틀기에 따른 신체자세 동요에 대한 연구

김성원 · 박성하[†]

한남대학교 공과대학 산업경영공학과

Effects of Trunk Twist on Postural Sway During Manually Handling Flat Ties

Sung Won Kim · Sung Ha Park[†]

Department of Industrial and Management Engineering, Hannam University

We investigated the effects of trunk twist on postural stability during manually handling flat ties. Ten male subjects participated in this study. While handling 5kgf and 10kgf bundles of flat ties respectively, their centers of pressure (COPs) were measured under two levels of body position (twisted and fixed), two levels of direction (left and right), and three levels of object position (30°, 45°, and 60°). Subjects' postural stability was quantified by calculating the sway length. Results showed that the effect of different object position was significant on postural sway length in subject's medio-lateral axis. Post-hoc multiple comparisons revealed that, under the 5kgf load condition, the sway length was increased significantly as the object position increased to 45°. Under the 10kgf load condition, however, the sway length was increased significantly at the object position of 60°. Actual or potential applications of this research include guidelines for the design of working posture evaluation techniques.

Keywords : Postural Stability, Sway Length, Flat Ties, MMH, COP

1. 서론

인력물자취급(Manual Material Handling : MMH) 작업은 인력을 이용하여 대상물체를 취급하는 작업을 말하며, 일반적으로 들어올리기, 내리기, 밀기, 당기기, 운반 등 다양한 형태로 나타난다. 이와 같은 MMH 작업은 과도한 중량물의 취급 및 몸통(Trunk)과 허리의 반복적인 비틀림(Twisting), 구부림(Bending) 동작으로 인해 요통(Low Back Pain : LBP)을 유발하는 주원인으로 알려져 있다. 또한 몸통의 이동속도가 증가될수록(예를 들어 들기작업에서 속도가 증가될수록) 척추의 부하(spinal loading)

를 증가시키며 압착부하(compressive loading)보다 비틀림부하(shear, torsional loading)가 더 큰 위험요인이 된다고 보고되고 있다[13].

산업안전공단의 2006년 산업재해 통계자료에 따르면 주요 작업내용 중 운반작업 및 상/하역작업 수행 중에 발생한 업무상사고 재해자가 2,052명(27.7%)으로 가장 높게 나타났다[5]. 이러한 운반 및 상/하역 작업의 대부분은 인력물자취급 작업의 대표적인 형태이다. 또한 신체부위 별 산업재해 통계자료에 의하면, 전체 요부질환의 약 59.9%가 운반 및 상/하역 작업 수행과정에서 발생한 것으로 보고되고 있다. 추가적으로 요부질환 등 근골격

논문접수일 : 2010년 08월 09일 논문수정일 : 2010년 11월 16일 게재확정일 : 2010년 11월 29일

[†] 교신저자 shpark@hnu.kr

※ 본 연구는 2010학년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음.

계질환의 주요 발생인자는 비정상적인 작업자세, 과도한 힘의 사용 순서로 나타나고 있다.

허리가 비정상적으로 뒤틀린 자세에서 작업자의 작업능력을 분석한 연구는 많이 이루어지고 있다. 윤훈용[3]은 허리의 비틀림 정도에 따른 들기작업의 최대허용중량을 분석한 연구에서, 허리가 90°뒤틀리는 경우 정상적인 자세(즉, 허리가 0°)에 비교하여 최대허용중량이 10% 정도 감소한다고 보고하였다. Mahon[12]은 비효율적인 물체운반에 기인된 작업부하 증가는 하지 또는 허리의 상해를 유발시키며 생리학적 에너지 소모량도 증가시킨다고 보고하였다.

일반적으로 부적절한 작업자세는 근골격계질환의 주요 원인으로 지적되고 있다(Grandjean et al.[9]). 작업현장에서 부적절한 자세를 평가하기 위한 방법으로 관찰적 작업자세 평가기법이 많이 사용되고 있다. 이러한 평가기법은 사용이 간단하여 시간과 비용을 절감할 수 있는 동시에 상당한 수준의 신뢰성을 갖고 있다는 장점이 있다(Genaidy et al.[8]). 국내에서는 전문적인 분석인력 부족 등의 문제로 비디오 촬영을 통한 관찰법이 일반적으로 사용되며, 대표적인 관찰법으로는 OWAS(Ovako Working posture Analysis System)(Karhu et al.[11]), REBA(Rapid Entire Body Assessment)(Hignett et al.[10]), RULA(Rapid Upper Limb Assessment)(McAtamney et al.[14]) 등을 들 수 있다. 이들 기법들은 개발 배경이 달라 적용 대상, 평가 정확도 등에서 다소 차이를 보이고 있다(Kee, 2000).

인간의 자세균형능력은 근골격계, 자기수용감각체계(proprioceptive system), 시각체계 및 전정감각체계(vestibular system)의 유기적 작용에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Astrand 등, 1986). 일반적으로 비정상적으로 허리가 비틀린 작업자세에서 인간의 신체자세 균형능력은 현저히 저하될 것으로 판단된다. 이러한 자세균형능력의 정량화를 위해서 다양한 방법들이 시도되고 있으나 힘판을 이용하여 신체자세의 변화(postural sway)를 측정하는 방법이 주로 사용되고 있다. 신체의 압력중심(COP : center of pressure)은 신체가 지면을 누르는 압력의 중심을 의미하며 일정시간 동안의 COP 위치좌표는 자세변화의 정도를 정량적으로 나타내기 위한 동요길이(sway length), 동요속도(sway velocity), 동요면적(sway area) 등의 계산에 활용된다.

우리나라 제조업 및 건설업의 제반 작업환경 특성상, 물자를 취급하는 작업은 일부에서 동력장비를 이용하고 있지만 아직도 많은 경우에 있어 작업자의 양손을 이용한 몸통비틀기 작업의 형태로 이루어지고 있다. 직종별 산업재해 통계자료에 의하면 제조(37.39%), 건설업(21.37%)의 산업재해 비율이 상당 부분을 차지하고

있으며, 이러한 제조 및 건설업의 주요 작업형태는 인력을 이용한 물자취급작업으로 구성되어 있다[6].

본 연구는 인력물자취급작업의 형태로 이루어지는 운반 및 상·하역 작업이 빈번한 건축자재 산업에서 허리 비틀기의 정도에 따른 신체자세균형 능력에 대해 알아보고자 하였다. 세부적으로는 건축자재의 대표적 품목중 하나인 플랫타이(Flat Tie) 취급작업을 대상으로 비틀림 작업에 대한 신체적 안정성의 정도를 알아보기 위해 압력중심(COP) 분석을 이용한 신체자세 변화를 분석하였다. 또한 보그의 주관적평가지표(Borg's RPE scale)을 이용하여 주관적 작업부하를 측정함으로써 보다 신뢰성 있는 좌·우 비틀림 정도에 따른 신체자세 변화의 기준을 제시하여 최적의 작업공간을 설계하기 위한 기초자료를 제공하는데 그 목적을 두고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자

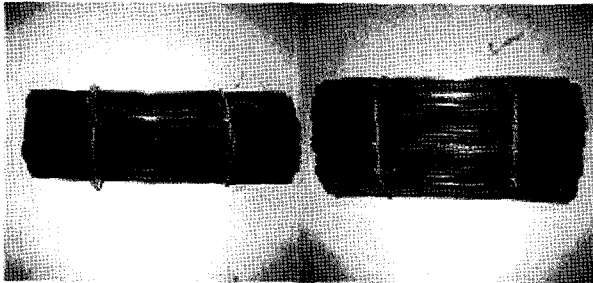
과거 요부질환 및 지난 6개월 간 근골격계질환에 노출되지 않은 오른손잡이 성향의 남성(나이 : 20.6±2.6세, 키 : 177.5±7.5cm, 몸무게 : 72.1±7.1kgf) 10명이 실험에 참여 하였다. 실험을 실시하기 전에 피실험자들에게 서면으로 실험 참가 동의를 받았으며, 실험대상 결정을 위한 기본 정보를 파악하기 위해 설문지를 통하여 연령 및 실험 당일의 몸 상태 등을 조사하였다. 피실험자에게는 실험참여에 대한 수당이 지급되었으며, 실험 당일에는 신체균형능력에 영향을 줄 수 있는 알코올 섭취 및 과도한 운동을 하지 않도록 하였다.

2.2 실험장비

신체 압력중심(COP)의 위치좌표 측정은 Bertec사 제품으로 규격이 60cm×40×8.8cm인 힘판(Model # 90701, Type 4060-08)을 사용하였다. 자료 수집을 위한 샘플링 주파수는 초당 60회로 하였으며, 획득된 COP 위치좌표는 X축(피실험자의 anterior-posterior 방향으로 정의, 즉 신체 전후방향의 축)과 Y축(피실험자의 medio-lateral 방향으로 정의, 즉 신체 좌우방향의 축)의 동요길이(sway length)를 계산하는데 이용되었다.

또한 다음 제 2.3절의 실험계획에서 기술하고 있는 작업 대상물의 위치에 대한 각각의 수준을 결정하기 위해 실을 부착시킨 각도기를 이용하였으며, 인력물자취급 실험작업의 작업대상물은 현재 건축자재 취급작업에서 사용되는 제품(제품명 : 플랫타이, 재질 : 철제 제품, 사

용용도 : 폼과 폼사이를 연결시켜주는 역할)을 이용하였다. 한 묶음이 100개로 구성되어 있는 무게 10kgf 제품은 규격이 길이 21.5cm, 폭 19cm이다. 10kgf 제품단위와 함께 실험에서 사용된 5kgf 제품단위는 50개로 구성하였다(<그림 1> 참조). 이러한 규격의 플랫폼이는 전체 플랫폼이 제품의 총 매출 중 약 23%를 차지할 정도로 취급 비중이 높은 편이다.



<그림 1> 실험에서 사용된 작업대상물(왼쪽 : 플랫폼이 5kgf 묶음, 오른쪽 : 10kgf 묶음)

2.3 실험계획

실험에서 처리된 독립변수는 2수준의 몸통자세(Body Position), 2수준의 작업방향(Direction), 3수준의 작업대상물위치(Angle)로 하여 총 14(2 × 2 × 3)개 조합조건에서 반복 측정이 이루어 지도록 하였다. 2수준의 몸통자세는 허리가 고정된 자세(Fixed)와 회전된 자세(Twisted)로 처리하였다. 2수준의 작업방향은 작업자를 기준으로 작업대상물을 처리하는 방향이 왼쪽(Left)과 오른쪽(Right)인 두 가지 조건으로 하였다. 3수준의 작업대상물위치는 작업자의 정중앙 기준선을 중심으로 작업대상물의 위치가 30°(Deg30), 45°(Deg45), 60°(Deg60)인 세 가지 조건으로 처리하였다. <그림 2>와 <그림 3>은 작업방향이 오른쪽 일 때, 몸통자세와 작업대상물위치의 조합조건에서의 실험작업 장면을 보여주고 있다.

작업대상물의 무게는 독립변수로 처리하지 않았으며, 무게 5kgf 과 10kgf 작업에 대해 별도의 독립적인 실험을 수행하였다.

실험에 이용된 종속변수는 신체 압력중심(COP)의 위치좌표를 측정후 이들 좌표를 이용하여 계산된 X축, Y축의 신체자세 동요길이(Sway Length)로 하였다. 결과적으로 동요길이는 COP가 움직인 총 길이를 말한다. 객관적평가 지표인 동요길이 측정에 추가하여, 각 수준의 측정이 끝난 직후에 Borg's RPE scale(Borg, 1962)을 이용하여 피실험자의 주관적 평가자료를 수집하였다. 보그의 주관적평가지표는 평가수치가 6에서 20으로 구

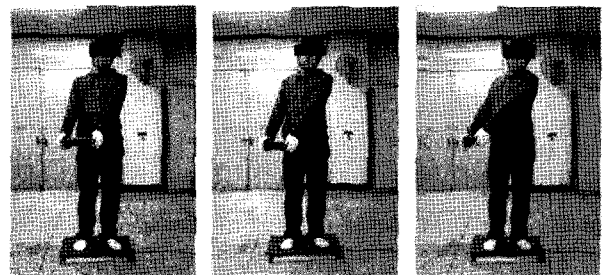
분되어 있으며, 숫자가 높을수록 육체적인 노력의 정도가 강하다고 판단한 것이며, 결과적으로 작업이 힘들다는 의미로 해석할 수 있다.

2.4 실험 절차

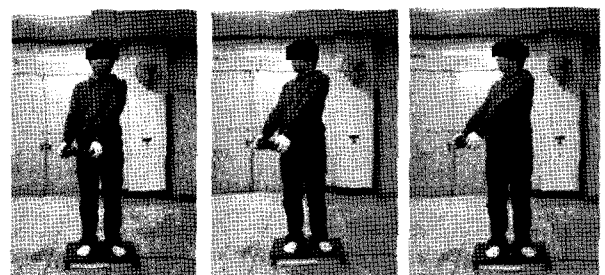
작업대상물의 위치를 조절하기 위하여 클립에 부착된 실을 신체에 부착하여 고정하도록 하였으며, 힘 판 위에서 COP의 위치좌표를 측정 하는 동안에는 자연스런 작업자세에서 안정을 유지하고 개안 상태에서 전면을 주시하도록 하였다. 그러나 허리가 회전된 자세(Twisted)에서는 비틀림 자세 방향에 따라 시선의 방향을 변경하도록 하였다. 작업 대상물의 위치는 실제 현장 작업자들의 평균 작업반경을 고려하여, 몸통 중앙을 기준으로 몸통에서 부터 20cm 정도 떨어지게 하였으며 팔은 자연스럽게 편 상태로 하였다.

측정 시에 발을 두는 모양을 일정하게 하기 위해 뒤꿈치 중심의 간격은 15cm, 양 발을 벌리는 각도는 30°가 되도록 힘 판 위에 표시하고 그 위에 서도록 하였다. 자료획득은 정적자세에서 이루어졌으며, 획득시간은 정적자세임을 감안하여 10초로 제한하였다.

작업대상물 위치 및 무게를 포함한 각 실험조건은 무작위의 순서로 제시되었으며, 휴식시에는 피실험자가 편안하게 쉬도록 충분한 시간을 주었으며, 피로가 누적되어 다음 실험에 영향을 미치지 않도록 하였다. 실험



<그림 2> 허리가 고정된 자세(Fixed)에서의 실험작업 장면 (왼쪽부터 작업대상물의 위치가 30°, 45°, 60°)



<그림 3> 허리가 회전된 자세(Twisted)에서의 실험작업 장면 (왼쪽부터 작업대상물의 위치가 30°, 45°, 60°)

중 피실험자의 자세 불균형이 심하게 있는 경우와 피 실험자의 실험 포기 요구가 있는 경우에는 실험을 중지하도록 하였다.

3. 실험결과

신체 전·후 및 좌우방향의 동요길이는 획득한 COP 위치좌표를 활용하여 전후 프레임간의 위치 변화를 계산한 후 이를 모두 합산하는 방법으로 계산하였다. 측정된 동요길이 자료에 대하여 통계분석용 소프트웨어 Statview(5.0)를 이용하여 ANOVA 분석 및 분산분석후 추정을 실시하였다.

X축 동요길이에 대한 분산분석 결과는 모든 실험조건에서 주효과가 유의하지 않은 것으로 나타났다. 반면에 Y축 동요길이에 대한 분산분석을 수행한 결과, 작업부하 5kgf과 10kgf 모두에서 Angle(작업 대상물의 위치)의 주효과가 유의한 것으로 나타났다. Angle의 각 수준에 따라 Y축 동요길이에 차이가 있음을 의미한다. 그러나 몸통자세(Body Position)와 작업방향(Direction)에 대한 주효과와 2인자 교호작용, 3인자 교호작용은 유의하지 않은 것으로 분석되었다. <표 1>과 <표 2>는 작업대상물의 무게가 각각 5kgf과 10kgf인 경우, Y축 동요길이에 대한 분산분석 결과를 보여주고 있다.

주효과가 유의한 것으로 나타난 Angle(작업 대상물의 위치)에 대하여 수준간 평균비교를 수행하였다. <표 3>은 작업부하 5kgf에서 Angle(작업 대상물의 위치)의 각

<표 1> 5kgf 작업부하에서 Y축 동요길이에 대한 분산분석 결과

	DF	SS	MS	F-Value	P-Value
몸통자세	1	5.278E-5	5.278E-5	0.447	0.5050
작업방향	1	5.886E-5	5.886E-5	0.499	0.4815
작업 대상물의 위치	2	0.002	0.001	7.014	0.0014*
몸통자세 × 작업방향	1	3.828E-5	3.828E-5	0.324	0.5701
몸통자세 × 작업 대상물의 위치	2	0.001	3.441E-4	2.917	0.0584
작업방향 × 작업 대상물의 위치	2	1.301E-4	6.506E-5	0.551	0.5777
몸통자세 × 몸통자세 × 작업 대상물의 위치	2	5.826E-5	2.913E-5	0.247	0.7817
잔 차	108	0.013	1.180E-4		

주) * : 유의수준 5%에서 유의함.

<표 2> 10kgf 작업부하에서 Y축 동요길이에 대한 분산분석 결과

	DF	SS	MS	F-Value	P-Value
몸통자세	1	9.743E-5	9.743E-5	0.638	0.4263
작업방향	1	2.309E-5	2.309E-5	0.151	0.6982
작업 대상물의 위치	2	0.002	0.001	7.485	0.0009*
몸통자세 × 작업방향	1	1.566E-4	1.566E-4	1.025	0.3136
몸통자세 × 작업 대상물의 위치	2	1.167E-4	5.837E-5	0.382	0.6834
작업방향 × 작업 대상물의 위치	2	5.847E-5	2.923E-5	0.191	0.8261
몸통자세 × 몸통자세 × 작업 대상물의 위치	2	6.071E-5	3.035E-5	0.199	0.8201
잔 차	108	0.017	1.528E-4		

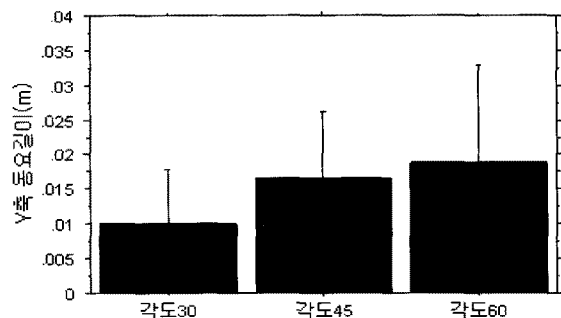
주) * : 유의수준 5%에서 유의함.

수준에 따른 Fisher's PLSD 분석결과를 보여주고 있다. 분석결과, Deg30과 Deg45(p = 0.0093), Deg30과 Deg60(p = 0.0005)간에는 Y축 동요길이에 유의한 차이가 나타났다. 그러나 Deg45 와 Deg60(p = 0.3335)간에는 유의한 차이가 발견되지 않았다. <그림 4>는 작업부하 5kgf에서 Angle(작업 대상물의 위치)의 각 수준에 따른 평균동요 길이를 보여주고 있다.

<표 3> 작업부하 5kgf에서 작업대상물 위치(Angle)의 수준간 Fisher's PLSD 분석결과

작업대상물 위치비교	Mean Diff	Crit.Diff	P-Value
30°와 45°	-.006	0.005	0.0093*
30°와 60°	-.009	0.005	0.0005*
45°와 60°	-.002	0.005	0.3335

주) * : 유의수준 5%에서 유의함.



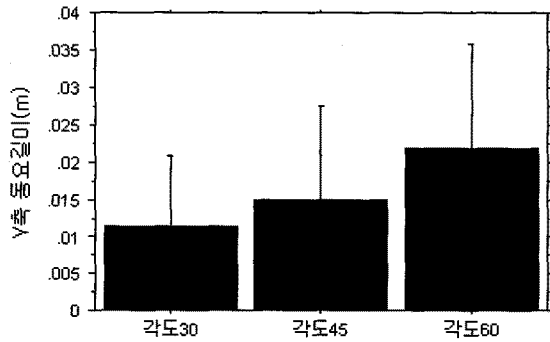
<그림 4> 작업부하 5kgf에서 Angle 수준에 따른 Y축-동요 길이(단위 : m)

<표 4>는 작업부하가 10kgf인 실험조건에서 Angle(작업 대상물의 위치)의 각 수준에 따른 Fisher's PLSD 분석 결과를 보여주고 있다. 분석결과, Deg30과 Deg60($p = 0.0002$), Deg45와 Deg60($p = 0.0126$) 간에는 Y축 동요길이에 유의한 차이가 나타났다. 그러나 Deg30과 Deg45 ($p = 0.2094$)간에는 유의한 차이가 발견되지 않았다. <그림 5>는 작업부하10kgf에서 Angle의 각 수준에 따른 평균 동요길이를 그래프로 보여주고 있다.

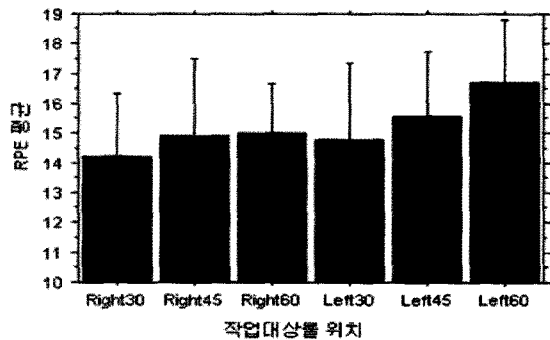
<표 4> 작업부하 10kgf에서 작업대상물 위치(Angle)의 수준간 Fisher's PLSD 분석결과

작업대상물 위치	Mean Diff	Crit.Diff	P-Value
30°와 45°	-.003	0.005	0.2094
30°와 60°	-.01	0.005	0.0002*
45°와 60°	-.0007	0.005	0.0126*

주) 유의수준 5%에서 유의함.

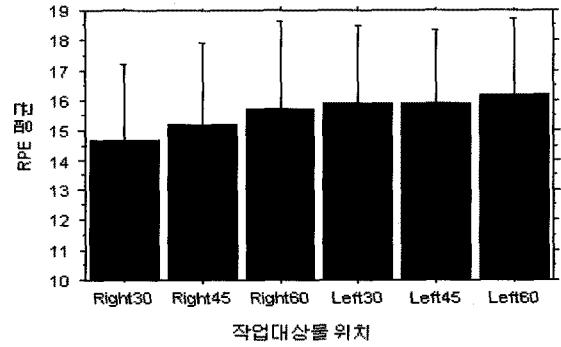


<그림 5> 작업부하 10kgf에서 Angle 수준에 따른 Y축-동요 길이(단위 : m)

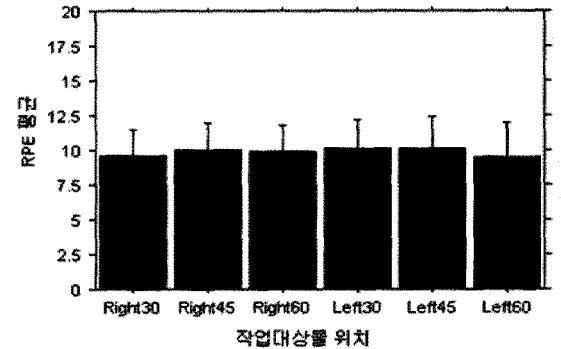


<그림 6> 작업부하 10kgf에서 몸통고정 자세에 따른 Borg's RPE 평균결과

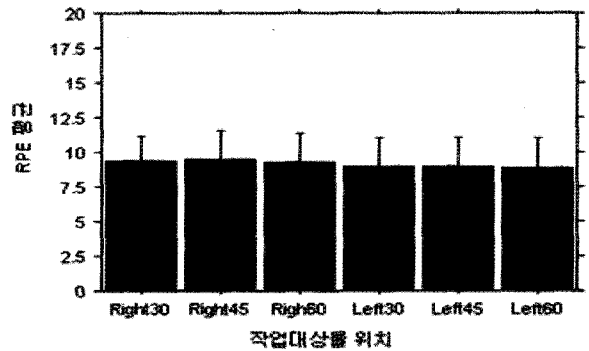
신체자세 동요길이에 대한 분석과는 별도로 작업부하가 5kgf과 10kgf인 작업조건에서 각 수준의 과업을 수행한 후 주관적으로 느끼는 일의 정도를 파악해 보기



<그림 7> 작업부하 10kgf에서 몸통회전 자세에 따른 Borg's RPE 평균결과



<그림 8> 작업부하 5kgf에서 몸통고정 자세에 따른 Borg's RPE 평균결과



<그림 9> 작업부하 5kgf에서 몸통회전 자세에 따른 Borg's RPE 평균결과

위해 Borg의 RPE 스케일을 사용하였다. 이러한 주관적 평가자료를 분석한 결과, 피실험자들은 실험에서 정한 작업부하인 10kgf 무게에서는 평균 15.4 ± 1.2 (hard), 5kgf 무게에서는 평균 9.525 ± 0.625 (very light)로 각각 평가한 것으로 나타났다.

<그림 6>과 <그림 7>은 작업부하가 10kgf인 경우, <그림 8>과 <그림 9>는 작업부하가 5kgf인 경우에 각 실험조건에서 피실험자들이 Borg의 RPE 지표를 이용하

여 스스로 평가한 결과를 보여주고 있다. 10kgf 작업부하에서 피실험자들은 전반적으로 작업대상물이 오른쪽에 있을 때보다 왼쪽에 있을 때 작업부하가 높다고 평가하고 있다.

4. 결론 및 토의

본 연구는 건설현장에서 빈번히 발생하는 양손을 이용한 플랫타이 인력물자취급 작업에서 작업대상물의 위치(Angle), 몸통자세(Body position) 및 작업방향(Direction)이 작업자의 신체자세 균형능력에 미치는 영향을 파악하고 정량화하기 위해 수행하였다. 작업자의 신체자세 균형능력은 작업수행 중 신체 압력중심(COP)의 위치좌표를 측정 한 후, 이를 이용하여 신체자세 동요의 길이(sway length)를 판단하는 기법을 활용하였다.

실험을 수행한 결과, 신체 전후방향(X축)의 동요길이에 대해서는 세 개의 독립변수, 즉 작업대상물의 위치, 몸통자세 및 작업방향 주효과가 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다.

반면에 신체 좌우방향(Y축) 동요길이에 대한 분산분석을 수행한 결과, 작업대상물의 위치(Angle)의 주효과가 유의수준 5%에서 유의한 것으로 나타났다. 작업대상물의 위치(Angle)의 각 수준에 따라 Y축 동요길이에 변화가 발생하고 있음을 의미한다. 분산분석 후에는 주효과가 유의한 Angle(작업 대상물의 위치)에 대하여 수준간 평균 비교를 수행하였다.

우선 작업대상물의 무게가 5kgf인 경우에, Deg30과 Deg45, Deg30과 Deg60 간에는 Y축 동요길이에 유의한 차이가 나타났다. 그러나 Deg45와 Deg60 간에는 유의한 차이가 발견되지 않았다. 작업대상물의 위치가 신체의 중심선을 기준으로 45° 이상이 되면 신체자세의 동요가 유의하게 증가되어 신체균형능력이 저하됨을 의미한다. 작업대상물의 무게가 10kgf인 경우에는 결과에 다소 차이가 있었다. Deg30과 Deg60, Deg45와 Deg60 간에는 Y축 동요길이에 유의한 차이가 나타났으나, Deg30과 Deg45 간에는 유의한 차이가 발견되지 않았다. 작업대상물의 무게가 10kgf으로 증가하게 되면 작업대상물의 위치가 신체의 중심선을 기준으로 45°가 되어도 35°인 경우에 비해 유의한 변화가 없으며, 60° 이상이 되어야 신체자세의 변화가 발생됨을 의미한다.

수준간 평균비교 결과를 요약하면, 작업대상물의 무게가 5kgf일 때는 작업대상물의 위치가 45°이상에서 10kgf일 때는 60° 이상에서 신체자세의 균형능력이 유의하게 저하되고 있다. 일반적으로 작업대상물의 무게, 즉 작업부하가 증가되면 작업대상물의 위치에 기인된 신체균

형능력은 저하될 것으로 생각된다. 그러나 본 연구의 결과는 이러한 예상과 차이가 있다. 작업부하가 증가되면(5kgf에서 10kgf으로) 작업대상물의 위치가 45°인 경우에도 30°인 경우와 유사한 균형능력을 보이고 있기 때문이다. 이러한 현상에 대하여 실험에 참여한 일부 피실험자들과 실제 플랫타이 취급 작업자들은 작업부하가 어느 정도 형성되었을 때에는 작업대상물의 위치에 무관하게 오히려 작업자세가 안정된다고 설명하고 있으며, 본 실험의 결과는 이러한 설명을 뒷받침해주고 있어 흥미롭다. 그러나 정확히 어느정도의 작업대상물 무게, 또는 무게변화가 작업대상물 위치변화에 따른 신체안정성 유지에 도움이 되는지에 대한 연구는 추후 더 이루어 져야 할 것으로 판단된다.

실험에서 처리된 독립변수들 중 몸통자세와 작업방향에 대한 주효과는 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 좌우에 있는 플랫타이를 취급할 때 허리를 고정하는 경우와 회전하는 경우에 신체균형능력에는 변화가 없었음을 의미한다. 다만 주관적 평가지표로 활용된 보그의 RPE 평가자료의 분석에 의하면, 작업방향(좌측과 우측 2수준)에 따른 주관적평가에 차이가 있음을 발견할 수 있었다. 피실험자들은 평균적으로 우측 작업자세가 좌측 작업자세 보다 상대적으로 힘든 정도가 낮은 것으로 평가하였다. 이러한 결과는 오른손사용 작업자들이 왼쪽 다리를 지지를 위한 주축으로 사용하여 오른손에 많은 힘을 가하는 특성 때문에 작업대상물을 오른쪽에 놓는 것을 선호하기 때문일 것으로 추측된다.

인간공학적 작업자세 평가기법 관련하여 이인석 등[4], 기도형 등[2]은 보다 정확한 기법 개발의 필요성을 강조하고 있다. 기존의 작업자세평가 기법에서는 신체의 비틀림 정도에 따른 자세균형 능력에 대한 고려가 다소 미흡하다고 판단된다. 본 실험의 결과는 특정 건축자재 중의 하나인 플랫타이 취급자세 분석이라는 실용적이고 제한적인 응용연구의 측면이 강하나, 보다 향상된 인간공학적 작업자세 평가기법을 개발하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후 여성 피실험자와 실제작업의 숙련자 등을 대상으로 한 추가적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 기도형; “작업 자세 부하 평가를 위한 자세 분류 체계의 연구 현황-관측법을 중심으로”, 산업안전학회지, 15(4) : 139-149, 2000.
- [2] 기도형, 박기현; “작업자세평가기법 OWAS, RULA, REBA 비교”, 한국안전학회지, 20(2) : 127-132, 2005.
- [3] 윤훈용; “여러 가지 들기 작업에서의 인체심리학적,

- 생리학적 연구”, *대한인간공학회지*, 25(2) : 11-21, 2006.
- [4] 이인석, 정만근, 최경임; “지각불편도를 이용한 관찰적 작업자세 평가 기법의 비교, *대한인간공학회지*, 22(1) : 43-56, 2003.
- [5] 한국산업안전보건공단; “2006년 산업재해현황”, 2007.
- [6] 한국산업안전보건공단; “2008년 산업재해현황”, 2009.
- [7] Astrand, P. O. and Rodahl, K.; *Textbook of Work Physiology : Physiological Bases of Exercise*, 3rd Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1986.
- [8] Genaidy, A. M., Al-shedi, A. A., and Karwowski, W.; “Postural stress analysis in industry,” *Applied Ergonomics*, 25(2) : 77-87, 1994.
- [9] Grandjean, E. and Hunting, W.; “Ergonomics of postures-review of various problems of standing and sitting postures,” *Applied Ergonomics*, 8(3) : 135-140, 1977.
- [10] Hignett, S.; “Postural analysis of nursing work,” *Applied Ergonomics*, 27(3) : 171-176, 1996.
- [11] Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I.; “Correcting working postures in industry : A Practical method for analysis,” *Applied Ergonomics*, 8(4) : 199-201, 1977.
- [12] Mahon, T. A., “Ballistic walking,” *Journal of Biomechanics*, 13 : 49-57, 1978.
- [13] Marras, W. S. and Sommerich, C. M.; “A three-dimensional motion model of loads on the lumbar spine : I. Model structure,” *Human Factors*, 33(2) : 129-137, 1991.
- [14] McAtamney, 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.