

숲길 조성공사 작업자의 작업자세 분석에 관한 연구

이명교¹ · 박범진^{2*} · 이준우² · 최성민¹

¹충남대학교 대학원, ²충남대학교 산림환경자원학과

Analysis of working posture of forest trail construction

Myeong-Kyo Lee¹, Bum-Jin Park^{2*}, Joon-Woo Lee², Sung-Min Choi¹

¹Graduate School, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Department of Environment and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Received on 18 March 2015, revised on 10 June 2015, accepted on 10 June 2015

Abstract : In forest work, working conditions are very hard to improve. The good posture is believed to bring about direct improvements such as accident prevention. Therefore, this research carried on analysis of working posture in forest work (construct in stepping-stone) using OWAS analysis system. According to the analytical results provided by OWAS, the ratio of category III (Work posture has a distinctly harmful effect on the musculoskeletal system) has shown that worker 2 was 32.2%, worker 1 was 25.2% and worker 3 was 15.5%. Furthermore, the ratio of category IV (Work posture with an extremely harmful effect on the musculoskeletal system) has shown that worker 2 was 9.8%, worker 3 was 1.4% and worker 1 was 1.2%. According to the OWAS method, percentage of OWAS action categories III and IV in the worker 2 was higher than another workers.

Key words : Forest Manual Work, MMH, OWAS, Work load, Musculoskeletal system diseases

I. 서론

최근 국민의 건강과 휴양을 위해 길에 관련된 정책들이 수립되어 추진되고 있으며, 이로 인해 정부 및 지자체에서는 숲길의 조성이 활발하게 이루어지고 있다. 숲길의 조성에 필요한 산림작업은 야외에서 행해지는 작업으로, 급경사지역에서 중량물인 목재를 대상으로 행하여지는 육체적 정신적 중근노동이다(Lee and Park, 2001). 이러한 작업들은 대부분 사람이 직접 물건을 들고, 옮기고, 밀고 당기는 작업으로, 소위 인력물자취급(Manual Material Handling Tasks; MMH)이라고 불린다. 이는 매우 비효율적이고도 위험한 작업이므로 작업에 따른 에너지 손실뿐만 아니라 인간적 측면과 경제적 측면의 손실도 매우 크다고 할 수 있다(Kee and Chung, 1995). 2006년부터 2010년까지 5년간 우리나라 전체 산업의 재해율은 점차 감소하는 추세이지만, 임업분야의 재해율은 전체 산업 재해율과 비

교하여 작게는 2.1배, 많게는 5.9배까지 재해율이 높은 것으로 나타났다(Kim, 2012)

이를 개선하기 위한 방법으로 작업 평가를 실시한다. 작업 평가란, 해당 작업이 근로자에게 부과하는 작업부하의 측정 및 평가를 통해 근로자에 대한 작업의 유해도를 측정하는 방법이다. 그 밖에 작업자에게 가해지는 작업부하를 객관적으로 측정, 평가하기 위해 수많은 인간공학적인 방법들이 개발되어 사용되고 있다(Park, 2010).

산림작업에서의 인간공학적인 연구는 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 작업원이 도구와 기계를 이용함에 있어 편리하도록 설계하는 것이며, 둘째는 기계를 사용하는 작업원의 작업방식을 분석하여 불필요한 동작을 억제하고 작업원의 에너지소비가 최소가 될 수 있는 동작을 개발, 교육하고 생산성이 극대화되도록 작업시간을 안내하는 것이다. 셋째는 작업안전에 관한 것으로 기계의 개발이나 작업동작을 교육할 때 사고를 유발할 수 있는 동작이나 기계구조를 피하고, 작업원이 느끼는 작업강도를 파악하여 무리한 작업에 따른 사고의 위험없이 안정된 상태에서 능률적으로

*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5746

E-mail address: bjpark@cnu.ac.kr

작업을 할 수 있는 여건을 조성해 주는 것이다(Lee et al., 1998).

다른 산업과 비교해 보면, 임업은 야외에서 행해지는 작업으로 조명, 온도, 습도, 지형 등의 작업장 환경 조절이 불가능하며, 실내작업장에서 이루어질 수 있는 작업부담 감소를 위한 작업대의 높이 조절과 같은 작업조건의 조절 등도 불가능하다. 오랜 기간 동일한 작업에 종사한 작업원이 자신의 경험에 의해 같은 작업조건에서 같은 신체조건을 가지고 있는 비숙련자보다 높은 작업능률을 보이는 것은 여러 가지 측면에서 해석이 가능하지만 오랜 경험을 통하여 노동부하를 감소시키는 합리적인 작업자세를 습득한 것이 가장 큰 원인이라고 할 수 있다. 이러한 관점에서 보면 작업자세 측면의 부하 감소는 임업의 작업능률 향상을 위한 효과적인 방법이라고 말할 수 있다(Lee and Park, 2001).

본 연구는 주요 산림작업에서 작업자세의 개선을 통한 노동부하 감소에 기초자료를 제공할 목적으로 숲길 공사 중 소계곡부의 징검다리 조성 작업에 대하여 부적절한 작업자세를 구분하는데 이용되는 OWAS 분석을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 대상지와 작업원 선정

연구대상지는 세종특별자치시 금남면 감성리에 위치한 숲길이며, 2011년 11월 작업을 실시하였고 이를 동영상 촬영하였다. 작업에 참여한 인부는 3명으로 정보는 Table 1과 같다.

징검다리 조성 작업의 작업단은 3인 1조로 구성되었다. 작업원 중 작업원 2가 작업능력이 숙련된 작업자이며 작업을 병행하면서 작업원들에게 지시를 내리는 역할을 수행하였다. 작업원 선정에 있어 비교적 연령이 높고 경력이 적은 작업자로 구성되어 있는데, 이는 산림작업의 특성상 지형, 기상조건이 열악하며, 이로 인한 사고위험도 높아지기 쉬

운 작업이기 때문에 인력난이 발생한 것으로 판단된다.

2. 작업자세 분석

작업자세가 근골격계에 주는 부하를 평가하기 위해서 다양한 방법들이 개발되어 사용되고 있다. 1991년 미국의 국립산업안전보건원(National Institute for Occupational Safety and Health; NIOSH)에서 제시한 들기 작업 지침은 주어진 작업조건에서 인력운반 작업을 수행할 경우, 특히 들기 작업 시 안전하게 작업할 수 있는 작업물의 중량을 계산하기 위한 지침이다. 이 평가 기법은 인체역학적 작업부하, 작업자세로 인한 부하, 생리적 측면의 작업부하를 모두 고려하였다는 장점을 가지고 있으나, 들기 작업에만 적용할 수 있기 때문에 반복적인 작업자세, 밀기, 당기기 등과 같은 작업이 발생하는 산림 작업에 대한 평가에는 어려움이 있다.

OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) 기법은 육체작업에 있어서 부적절한 작업자세를 구별해낼 목적으로 핀란드의 철강회사인 Ovako사와 FIOH (Finnish Institute of Occupational Health)가 1970년대 중반에 개발한 방법이다(Karhu et al., 1977). 이 기법은 작업자세 측면의 작업부하에 초점을 맞춘 것으로, 현장 작업장에서 쉽게 이용할 목적으로 특별한 기구 없이 관찰에 의해서만 작업자세를 평가할 수 있도록 개발된 방법이다. OWAS 기법은 다른 방법과 비교해 볼 때 상대적으로 분석방법이 간단하고 현장적용성이 강하면서도 상지와 하지의 작업분석이 가능하며, 작업대상물의 무게를 분석요인에 포함시킴으로써 임업분야의 적용성이 매우 높은 것으로 판단된다(Lee and Park, 2001). 따라서 본 연구에서는 OWAS 기법을 사용하여 작업자들의 작업자세 분석을 실시하였다.

OWAS 기법의 분류 체계에서는 허리, 팔, 다리의 신체 부위에 대한 작업자세와 작업대상물의 무게 및 힘을 Table 2와 같이 코드화하여 분류하고 있다. 이 분류체계가 가지는 다른 분류체계와의 차이점은 작업자세 이외에도 취급하는

Table 1. Physical characteristics of the workers.

Workers	Career (year)	Age	Height (cm)	Weight (kg)
W1	2	64	165	62
W2	13	58	167	65
W3	4	39	178	84

Table 2. OWAS codes for different body parts.

Body Part	Description	Code
Back	straight	1
	bent	2
	twisted	3
	bent and twisted	4
Arms	both below shoulder level	1
	one above shoulder level	2
	both above shoulder level	3
Legs	sitting	1
	both straight	2
	one straight	3
	both bent	4
	one bent	5
	kneeling	6
	working	7
Working Load/Effect	≤ 10 kg	1
	10~20 kg	2
	≥ 20 kg	3

Table 3. The OWAS action categories for evaluation working posture.

OWAS categories	Description
Action categories I	Work posture are considered usually with no particular harmful effect on the musculoskeletal system. No actions are needed to change work posture.
Action categories II	Work posture have some harmful effect on the musculoskeletal system. Light stress, no immediate action is necessary, but changes should be considered in future planning.
Action categories III	Work posture have distinctly harmful effect on the musculoskeletal system. The working method involved should be changed as soon as possible.
Action categories IV	Work posture with an extremely harmful effect on the musculoskeletal system. Immediate solutions should be found to change these posture.

작업물의 하중 및 힘(Effort)도 고려하고 있는 점이다.

허리, 상지, 하지, 작업대상물의 무게(힘)에 대한 코드의 측정간격은 작업의 특성에 따라 달라질 수 있다. 작업의 특성상 작업자세가 자주 변경되는 작업의 경우에는 5~10 초 이내의 짧은 측정 간격을 이용하는 것이 바람직하며, 작업자세가 자주 바뀌지 않고 지속시간이 긴 경우에는 10 초 이상의 상대적으로 긴 측정 간격을 설정하는 것이 좋다. 그리고 작업시간이 짧은 경우에는 측정 간격을 짧게 해서 데이터 수를 증가시키는 것이 좋으며, 작업시간이 긴 경우에는 측정 간격을 길게 하여 데이터 규모를 적절하게 유지하는 것이 좋다. 작업 현장에서 작업자세를 동영상으로 촬영하는 것은 촬영된 영상을 보면서 작업자세의 조사 및 분석을 실시하기 위함이다. 현장에서 직접 조사하는 방법과

달리 동영상 촬영을 통한 조사 및 분석은 동일한 영상을 보면서 조사를 실시하고 각각의 조사자가 기록한 작업자세 코드의 결과를 비교 및 분석하는 과정에서 여러 명의 조사자가 작업자세 코드를 기록할 경우 발생할 수 있는 오차를 최소화 할 수 있는 장점이 있다(Yeom et al., 2011).

본 연구에서의 동영상은 돌을 옮기고 쌓는 작업을 촬영한 것이며, 약 40분 50초가 소요되었다. 전체 분석시간을 고려하여 10초 간격으로 작업자세를 측정하였다.

분석은 크게 두가지로 나눌 수 있다. 먼저 신체부위 별로 각 코드의 비율을 조사한다. 이는 각 신체부위별 자세의 특성을 파악하기 위함이며, 이를 분석하여 작업부하가 큰 신체부위를 판단할 수 있다. 둘째로는 각 작업자세를 수준 I 부터 IV까지의 작업수준으로 나눈 기준에 따라 분류한다.

Table 4. Percentage of posture code in workers.

Body Part	Code	W1	W2	W3
Back	1	60.4	25.8	53.9
	2	39.0	57.6	34.7
	3	0.4	2.5	5.7
	4	0.2	14.1	5.7
Arms	1	96.5	94.7	97.1
	2	2.4	4.7	2.9
	3	1.0	0.6	0.0
Legs	1	0.4	0.2	0.6
	2	41.3	20.1	28.0
	3	6.9	31.8	36.1
	4	12.8	18.0	7.6
	5	8.1	24.4	4.9
	6	0.0	0.6	0.0
	7	30.5	4.9	22.9
Working Load / Effect	1	75.2	72.5	83.3
	2	15.9	12.5	5.7
	3	8.9	14.8	11.0

OWAS기법은 Table 3와 같이 전체 작업자세를 근골격계에 미치는 영향에 따라 네가지 수준으로 분류하고 있다. 이들 4가지 작업자세 수준 중, 작업수준 III와 IV는 근골격계에 나쁜 영향을 미치는 자세로 시급한 조정이 필요한 수준이다. 따라서 작업수준 III과 IV의 비율이 많은 작업에 대해서는 적절한 개선책이 요구되어야 한다(Lee and Park, 2001).

III. 결과 및 고찰

1. 작업자의 OWAS코드 비율

작업자 3명의 신체부위 및 하중별 작업코드를 분석한 결과 Table 4에서 보는 바와 같이 조사되었다. 허리에 가해지는 부하를 살펴보면 작업자 2(57.6%)가 작업자 1(39.0%)과 작업자 3(34.7%)에 비해 허리를 굽히는 비율이 높게 나타나고 있는 것으로 조사되었다. Lee와 Park(2001)의 연구에서 분석한 작업(체인톱을 이용한 간벌작업, 체인톱을 이용한 피해목벌채작업, 손톱을 이용한 임내정리작업, 낫을 이용한 덩굴제거작업, 고지절단톱을 이용한 가지치기작업, 낫을 이용한 어린나무가꾸기작업)과 비교했을 때, 부하(코드 2)를 비교해보면 작업자 2는 덩굴제거작업(76.8%)과 어

린나무가꾸기작업(66.5%)에 비해 부하가 덜하며, 임내정리작업(58.4%)과 비슷한 수준을 보였다. 작업자 1과 작업자 3은 간벌작업(27.9%)보다 높은 수준으로 분석되었다(Fig. 1). 허리를 굽히는 비율이 크게 나타나는 이유는 작업의 대부분이 허리를 숙여서 돌을 놓는 작업이기 때문이다. 허리를 굽히는 작업자세는 작업부하 증가에 가장 직접적인 영향을 미치는 작업자세 이므로 도구개량 및 작업자세 연구를 통하여 허리를 굽히는 작업의 비율을 감소시켜야 할 것으로 판단된다.

상지의 경우, 작업자 2의 코드 2(한 팔이 어깨보다 위에 위치) 비율이 가장 높게 나타났으나, 세 작업자 모두 코드 1(양 팔이 어깨 아래에 위치)의 비율이 작업의 대부분을 차지하고 있어 상지에 가해지는 작업부하는 낮은 것으로 나타났다. 이는 Lee와 Park(2001)의 연구에서 간벌작업의 코드 1 비율(94.1%)과 비슷한 수준을 보였다(Fig. 2). 상지의 작업부하가 낮게 나타나는 이유는 주로 양손을 이용하여 어깨 아래로 내린 자세에서 돌을 운반하였기 때문이다. 만약 상지에 대한 작업부하가 크게 나타날 경우, 이를 해결하기 위해서는 적절한 휴식시간 안배와 휴식시간 중 피로를 풀어줄 수 있는 체조를 실시하여 작업원의 신체에 가해지는 부하를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

하지의 경우, 작업자 모두 코드 1(앉은 자세)과 코드 6(무

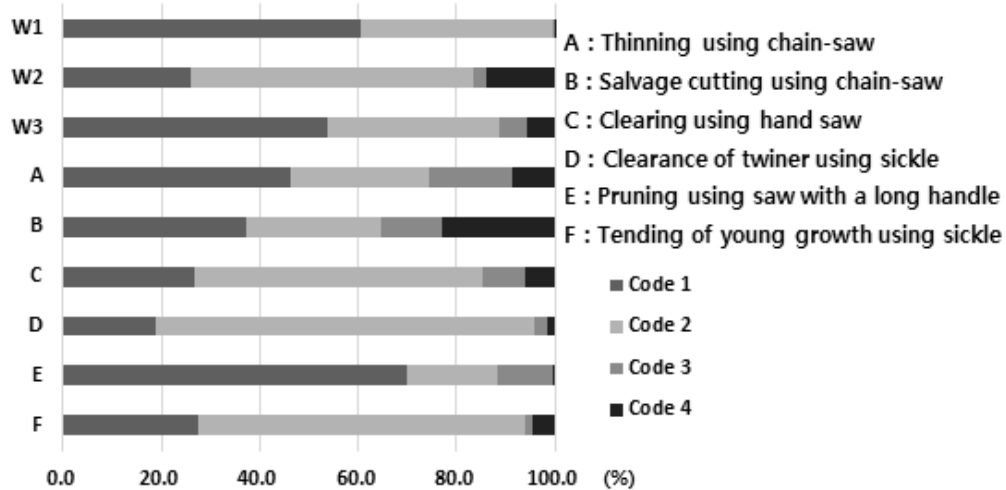


Fig. 1. OWAS code rate comparison of workers (Back).

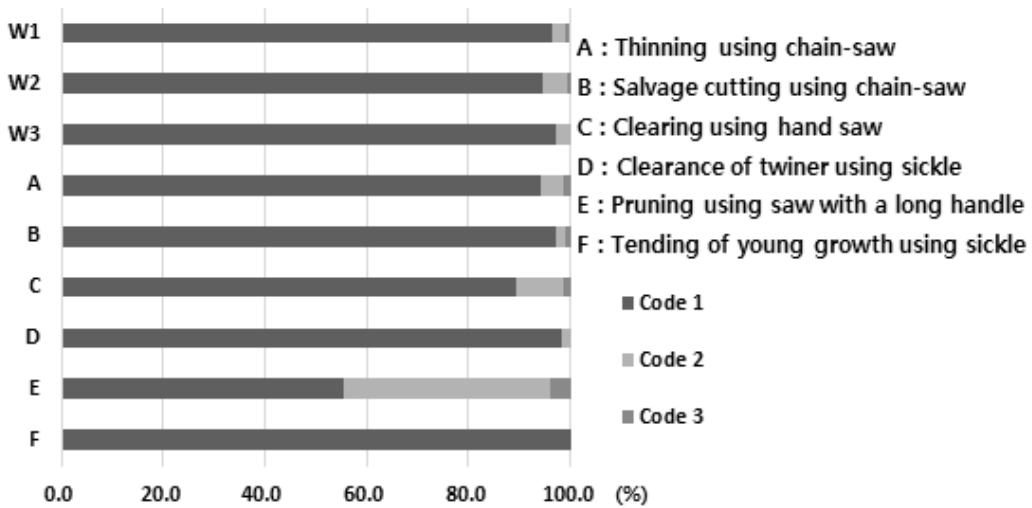


Fig. 2. OWAS code rate comparison of workers (Arms).

를 꿰는 자세)의 비율이 적게 나왔으며 이동하거나 서있는 자세가 대부분을 차지하여 하지에 가해지는 부하가 크게 나타나는 것으로 조사되었다. Lee와 Park(2001)의 연구와 비교하면, 코드 3(한 다리로 선 자세)의 비율이 높은 작업자 2(31.8%)와 작업자 3(36.1%)의 자세는 어린나무가꾸기작업(35.3%)과 비슷한 수치를 보였으며, 간벌작업(44.9%)에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 작업자 1은 코드 7(걷기)의 비율이 작업자들 중에 가장 높게 나타났는데(30.5%), 이는 앞서 조사된 6가지 작업 중 가장 높은 수치를 보인 간벌작업(24.3%)보다 더 높은 수치를 보였다(Fig. 3). 산림작업에서 하지에 가해지는 부하가 크게 나타나는 것은 지형조건으로 인한 요인이 크다고 할 수 있으며, 전체적인 작업부하를 감소시키기 위해서는 허리를 굽혀 허리에 가해지는 부

하를 크게 하는 것 보다 무릎을 굽혀 하지에 부하를 크게 하는 것이 전체적인 작업부하를 감소시킬 수 있다.

작업대상물의 무게(힘)의 경우는 코드 1(10 kg 이하인 경우)이 대부분을 차지하는 것으로 조사되었다. Lee와 Park(2001)의 연구 또한 6가지 작업 모두 코드 1이 100%를 차지하고 있어, 징검다리 조성 작업에 투입된 작업은 무게에 대한 작업부하가 낮은 것으로 분석되었다. 코드 2와 3에 해당하는 돌의 경우 외형상으로 KSF2530기준의 절반길이(50 cm)에 해당하는 120015(두께 12 cm, 너비 15 cm)에서 150021(두께 15 cm, 너비 21 cm) 크기의 범위에 속해 있었으며, 무게는 약 18 kg에서 40 kg사이에 포함될 것으로 판단되었다. 징검다리 조성 작업 대부분이 돌을 바닥에 놓은 상태에서 옮기는 작업이 대부분이었으며, 무거운 돌을

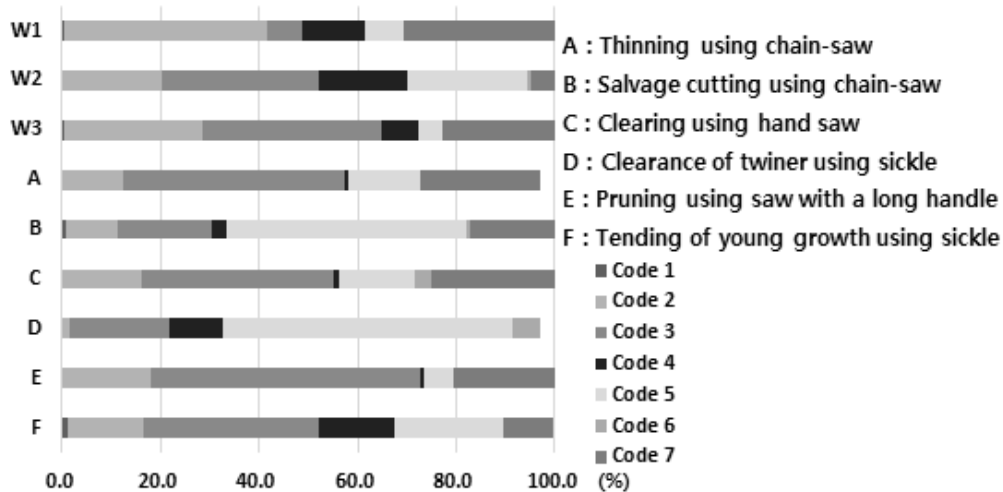


Fig. 3. OWAS code rate comparison of workers (Legs).

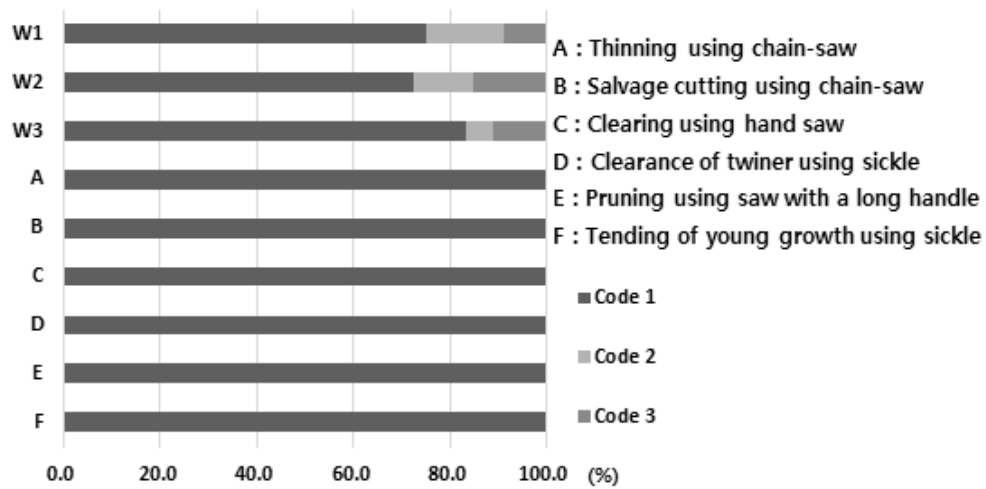


Fig. 4. OWAS code rate comparison of workers (Working Load/Effect).

운반해야 할 경우 작업자들이 서로 마주하고 돌을 운반했기 때문에 작업자들이 무게에 대한 작업부하가 다른 부위에 비해 덜 한 것으로 분석되었다.

2. 작업자의 작업자세 수준별 코드 비율

작업자들의 작업자세 수준별 코드 비율을 살펴보면

Table 5에서 보는 바와 같이 조사되었다. 근골격계에 매우 심각한 해를 끼침으로 즉각적인 작업자세의 교정을 필요로 하는 수준(수준 IV)의 코드비율을 살펴보면 작업자 2가 9.8%로 가장 높게 나타났으며, 작업자 3은 1.4%, 작업자 1은 1.2%의 순서로 조사되었다. 근골격계에 약간의 해를 끼침으로 가까운 시일내에 작업자세의 교정이 필요한 수준(수준 III)의 코드비율은 작업자 2가 32.2%로 가장 높게 나

Table 5. Percentage of working posture action categories in workers.

Workers	Action categories (%)			
	I	II	III	IV
W1	59.8	13.8	25.2	1.2
W2	25.4	32.6	32.2	9.8
W3	57.8	25.3	15.5	1.4

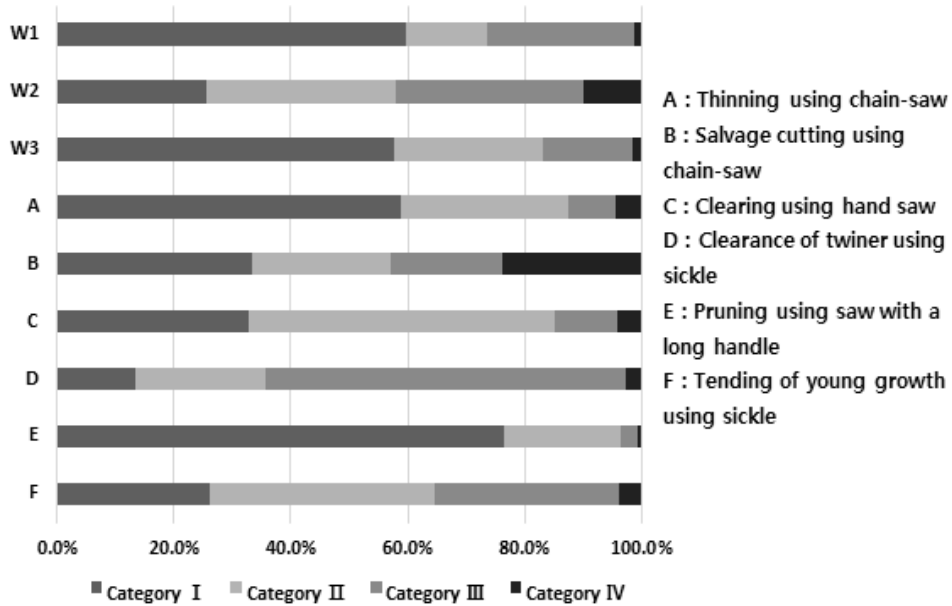


Fig. 5. Action categories comparison of workers.

타났으며, 작업자 1은 25.2%, 작업자 3은 15.5%의 순서로 조사되었다. Lee와 Park(2001)의 연구와 비교했을 때, 작업자 2의 수준 IV 비율은 피해목벌채작업(23.8%)에 비해 낮은 수준으로 분석되었으나, 간벌작업(4.4%)보다 높은 수준을 보였으며, 작업자 1과 작업자 3의 수준 IV 비율은 덩굴제거작업(2.7%)과 가지치기작업(0.6%)의 중간 수준을 보였다(Fig. 5). 이와 비교해 볼 때, 숲길에서의 징검다리 조성 작업은 산림작업과 비슷한 수준의 작업강도를 나타내는 것을 알 수 있다. 수준 IV와 III의 수치가 가장 높게 나타난 작업자 2의 경우, 앞선 OWAS코드 비율에서 허리를 굽힌 자세의 비율이 가장 높았으며, 이로 인한 작업부하의 증가 때문인 것으로 판단된다. 그러므로 작업자 2는 다른 작업자들과 비교했을 때, 작업자세의 교정이 가장 시급할 것으로 분석되었다.

IV. 결론

이 연구는 숲길 공사 중 소계곡부의 징검다리 조성 작업에 대하여 작업자세를 분석 함으로써 작업방법을 개선하여 이에 필요한 기초자료를 제시할 목적으로 수행하였으며, 본 연구에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

작업자의 OWAS코드 비율을 분석한 결과 작업자 2(57.6%)가 작업자 1(39.0%)과 작업자 3(34.7%)에 비해 허리를 굽히는 비율이 가장 높게 나타났으며, 상지에 대해 가해지는

작업부하는 작업자 모두 약 95%가 코드 1로 분석되어 상지에 가해지는 작업부하는 낮은 것으로 나타났다. 하지의 경우 작업자 모두 서있는 비율이 높게 조사되어 작업부하가 크게 가해지는 것으로 나타났다. 징검다리 조성 작업에 있어 작업자들이 돌을 운반하기 위해 선 상태로 허리를 굽히기 때문에 상지와 하지에 가해지는 부하가 높은 것으로 판단된다.

작업자세 분석에서 근골격계에 약간의 해를 끼침으로 가까운 시일 내에 작업자세의 교정이 필요한 수준(수준III)의 비율은 작업자 2(32.2%), 작업자 1(25.2%), 작업자 3(15.5%)의 순으로 나타났다. 또한 근골격계에 매우 심각한 해를 끼침으로 즉각적인 작업자세의 교정을 필요로 하는 수준(수준IV)의 비율은 작업자 2(9.8%), 작업자 3(1.4%), 작업자 1(1.2%)의 순으로 나타났다. 작업자 2의 경우 긴 작업경력을 가지고 있지만 작업자세 교정이 가장 필요한 작업자로 분석되었다. 작업자 2의 작업부담을 줄이기 위해서 작업자 2의 기준에 맞는 휴식량을 결정해야 하며, 나머지 작업자들에게 작업을 분배해 줌으로써 작업부담을 줄이는 방법이 필요 할 것으로 판단된다. 이는 징검다리 조성 작업이 노동 부담이 큰 작업일 뿐만 아니라, 작업능률의 향상에 있어서도 연구가 진행되어야 할 것이다.

최근 산업현장에서는 과도한 중량물의 취급과 반복적으로 발생하는 몸통의 굽힘(Flexion)과 펴기(Extension) 동작들은 요통을 일으키는 주요 원인이 되고 있다. 허리를 이용

하여 중량물을 취급하는 들기(Lifting), 내리기(Lowering) 작업으로 인하여 발생하는 요통(Low back pain) 및 기타 상해들은 작업원의 안전과 건강에 관한 중요한 문제로 다루어지고 있다(Anderson, 1981). Korea Occupational Safty & Health Agency(2010)의 입업재해 중 작업별 재해 내용 분석을 살펴보면 집재 및 운재 중 나무, 돌 등에 의한 충돌은 28.2%, 집재·운재·상하차 중 협착 충돌 등이 16.1%로 나타났다. 이는 입업의 작업특성상 지형, 기상조건에 영향을 많이 받으며, 산악지의 장애물과 경사지로 인해 미끄러지기 쉽고, 작업장소가 넓어 잦은 이동에 따른 안전관리의 어려움, 구르는 돌 등에 피해를 받기 쉽다는 점을 가지고 있기 때문에 사고 위험이 높다는 사실을 잘 나타내고 있다(Yeom et al., 2011).

따라서 징검다리 조성 작업이 노동부담이 큰 작업이라는 점을 인식할 필요가 있으며, 노동부담이 큰 작업일수록 안전사고의 발생 가능성도 증대된다는 사실을 인지해야 한다. 본 연구의 결과를 활용하여 산림 작업자의 노동부담을 줄여 줄 수 있는 방법에 대해 다양한 연구가 시급히 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- Anderson GBJ. 1981. Epidemiological aspects on low-back pain in injury. *Spine* 6:53-60
- Karhu O, Kansu P, Kuorinka I. 1977. Correctiong working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics* 8(4):199-201.
- Kee DH, Chung MK. 1995. Comparison of Three Existing Methods for Predicting Compressive Force on the Lumbo-sacral Disc. *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*. 21(4):581-591. [in Korean]
- Kim HY. 2012. Analysis and Prevention for Accidents of Forestry Wokers. M.S. thesis, Chonbuk National Univ, Jeollabuk-do, Korea. [in Korean]
- Korea Occupational Safety & Health Agency. 2010. Forestry disaster prevention education. 48 pp. [in Korean]
- Lee JW, Park BJ. 2001. Analysis of working posture using OWAS in forest work. *Journal of Korean Forest Society* 90(30):388-397. [in Korean]
- Lee JW, Park BJ, Kim JW, Song TY. 1998. Work load of felling work using chain saw in Japanese larch plantation site. *Journal of Korean Forest Society* 87(2):121-130. [in Korean]
- Park JH. 2010. A survey on the workload evaluation methods and their applications to WMDSD work in Industries. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*. 29(4):435-444. [in Korean]
- Yeom IH, Choi YH, Kim MJ, Kweon HK, Lee JW, Kim JS, Park BJ. 2011. Analysis of work times and postures occurring relating to stone channel work in forest engineering. *CNU Journal of Agricultural Science* 38(1):101-108. [in Korean]