

임도 노선측량 작업의 작업분석

권형근¹ · 이준우^{2*} · 최성민¹ · 염인환³

¹충남대학교 대학원, ²충남대학교 산림환경자원학과, ³사방협회

Work analysis of route survey work on forest-road

Hyeong-Keon Kweon¹, Joon-Woo Lee^{2*}, Sung-Min Choi¹, In-Hwan Yeom³

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

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

³Sabang association, Seoul 130-867, Korea

Received on 30 August 2013, revised on 23 September 2013, accepted on 24 September 2013

Abstract : This study examined the work time, work posture, and work intensity for the actual measurement step in forest road the design work that was being carried out. The measurement of the forest road was being carried by a team of three workers and a team of four workers. The examination of work time found that the measurement of 1km took about 8 hours for the four-worker team and 12 hours for the three-worker team. The examination of work intensity found that the energy metabolic rates of the three-worker team were lower than four-worker team. Because their energy consumption per minute decreased as their work time and rest time increased. Furthermore, when appropriate rest time was applied according to work time, the energy metabolic rate decreased and the work intensity became lower. The four-worker team was more advantageous from the time and cost aspects of the forest road measurement work. Furthermore, as the rest time was very low compared to the work time, more efficient forest road measurement work would be possible if the work intensity was lowered by considering the rest time when calculating the standard work time.

Key words : Forest work, Work analysis, OWAS, Work intensity, Work posture

I. 서론

임도노선 측량은 임도의 계획 및 설계를 위한 기초 공정의 하나로 시공이나 감리작업에 비해 작업에 대한 표준화가 이루어지지 않아서 작업원의 구성 및 측량이 설계자에 의존해 이루어지고 있는 실정이다(Yeom, 2012).

일반적으로 임도노선 측량의 설계 공정은 상위계획 검토 및 분석, 계획노선 선정, 현장답사, 계획노선의 수정, 예측, 측량조사, 도면작성, 물량 및 재료 산출, 구조물의 배치설계, 내업, 설계심의 및 설명회, 성과품의 납품 등으로 나뉘는데, 측량조사의 경우, 작업원의 구성과 역할, 측량 방법 등에 대한 기초자료가 부족하여 임도 설계자에게 혼란을 주고 있다.

산림작업에서 인간공학적 연구는 크게 세가지로 구분할

수 있다. 첫째는 작업원이 도구와 기계를 사용함에 있어 편리하도록 설계하는 것이며, 둘째는 기계를 사용하는 작업원의 작업방식을 분석하여 불필요한 동작을 억제하고 작업원의 에너지소비를 최소화 할 수 있는 동작을 개발 또는 교육하고 생산성이 극대화되도록 작업시간을 안배하는 것이다. 셋째는 작업안전에 관한 것으로 기계의 개발이나 작업동작을 교육할 때 사고를 유발할 수 있는 동작이나 기계 구조를 피하고, 작업원이 느끼는 작업강도를 파악하여 무리한 작업에 따른 사고의 위험없이 안정된 상태에서 능률적으로 작업할 수 있는 여건을 조성해 주는 것이다(Lee et al., 1998).

한편, 작업연구는 작업원의 동작연구와 시간연구로 구성된다. 작업연구는 최선의 작업 방법개발과 표준화, 표준시간의 산정, 최적 작업 방법에 의한 작업자 훈련, 생산성향상의 목적을 가지고 수행된다(Chung and Lee, 2009). 이러한 작업연구를 통하여 작업의 표준화와 표준 품의 기

*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5749

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

Table 1. Information of workers.

| Worker | Skill level | W.E. (year) | Age | Height (cm) | Weight (kg) |
|------------|-------------|-------------|-----|-------------|-------------|
| surveyor | high | 15 | 46 | 177 | 81 |
| assistant1 | medium | 4 | 33 | 163 | 78 |
| assistant2 | medium | 7 | 42 | 178 | 70 |

초자료로서 이용되며, 작업원의 적절한 관리를 통해 사고의 위험이 없는 작업여건을 조성할 수 있게 된다.

그동안 산림 작업에 대한 연구는 다양하게 진행되었는데, Kim(1986)은 간벌작업에 있어서 체인톱 작업자의 작업능률을 분석하였으며, Park(1996)은 낙엽송 조림지에서 수행된 간벌작업을 대상으로 작업시간을 조사하였다. Park(2003)은 임내 경사도에 따른 보행작업의 작업강도를 조사하였다. 한편, Lee와 Park(1998)은 임도공사시 굴삭기를 이용한 토공작업의 공정을 분석하였으며, Kim과 Park(2012)은 전목과 단목 집재작업시스템을 대상으로 작업시간 및 작업공정을 분석한 바 있다.

이러한 연구에 비해 임도 노선측량에 대한 연구는 매우 미진한 상태로서, 현재까지의 연구는 임내 벌목작업이나 임업기계의 작업효율에 대한 연구가 주를 이루었다. 상대적으로 임도 노선측량 작업의 현황과 작업평가에 대한 연구는 매우 부족한 실정이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 임도 노선측량작업을 대상으로 측량작업자의 작업과정을 조사하여 작업시간, 작업강도, 작업자세 등을 분석하였으며, 이를 통해 임도 노선측량작업의 품 산정과 작업 표준화를 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구범위

1) 조사대상지의 개요

조사대상지는 강원도 홍천군 화촌면 구성포리 산 77번지의 임도개설 예정지 1 km구간이었으며, 측량작업을 실시한 대상구간의 산지경사는 평균 68%로 나타났다. 조사시기는 2011년 8월에 실시하였다.

2) 임도노선 측량 작업자의 현황

임도노선 측량의 작업평가는 노선측량작업의 과정을 조사하여 작업시간과 작업강도, 측량작업자의 작업자세를 분

석하였다. 이를 위해 사전조사를 실시하였으며, 그 결과 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 4인 1조와 3인 1조, 2개의 작업조를 편성하였다.

4인의 노선측량작업에서 작업자는 측량자 1인, 노선길잡이 1인, 보조자 2인으로 구성되어 있으며, 3인의 노선측량작업에서는 측량자 1인, 보조자 2인으로 구성되어 있다. 한편, 본 연구에서는 2개 작업조의 측량작업 과정을 비교하기 위하여 4인 작업조에 구성되어 있는 노선길잡이는 연구대상에서 제외하고 나머지 3명의 작업자를 대상으로 비교를 실시하였다(Table 1).

2. 연구방법

1) 작업시간 분석

작업시간의 측정은 직접 측정방법인 시간연구법을 통해 측정하였으며, 요소작업의 시간측정은 스톱워치를 이용하고, 시간누적법을 이용하여 기록하였다. 작업시간은 작업자별로 순수작업시간과 여유시간으로 구분하고, 평균작업시간을 분석하였다. 또한 조사 전 임도의 예정노선을 계획하고 측량작업의 요소작업을 분류하여 측량작업의 사이클을 파악하였다.

2) 작업강도 분석

작업강도는 작업자의 기초대사량과 심박수를 이용하여 분석하였다. 이를 위해 작업자의 기본적인 신체정보를 바탕으로 Harris-Benedict Equation (B.E.E) 방식을 이용하여 기초대사량을 파악하고, 심박수의 측정은 Polar사의 RS800CX를 이용하였다. 측정 단위는 작업시간을 고려하여 15초 간격으로 측정하였다. 이를 바탕으로 기초대사량에 따른 심박수 증가율, 에너지대사율, 작업강도지수를 조사하였다.

3) 작업자세 분석

작업자세의 분석은 측량작업 행위를 작업자별로 동영상 촬영하여 분석하였으며, 작업자세 평가도구로는 OWAS 기

Table 2. Time analysis of teams of 4*

| Division | Mp | Dw & Ww | Pl | Cl | etc. | Rw | Total | |
|----------|-----------|---------|------|------|------|-----|-------|-----|
| A | A (S) | 116 | 38 | 46 | 19 | 21 | 302 | - |
| | N | 118 | 46 | 134 | 134 | 34 | 4 | - |
| | Ratio (%) | 52.1 | 6.8 | 23.9 | 9.7 | 2.7 | 4.9 | 100 |
| B | Mp | Ww | Rp | - | etc. | Rw | Total | |
| | A (S) | 26 | 45 | 5 | - | 51 | 170 | - |
| | N | 319 | 302 | 17 | - | 25 | 17 | - |
| | Ratio (%) | 32.0 | 51.9 | 0.3 | - | 4.9 | 11.0 | 100 |
| C | Mp | Ww | Rp | Ct | etc. | Rw | Total | |
| | A (S) | 42 | 55 | 56 | 123 | 145 | 322 | - |
| | N | 160 | 105 | 139 | 8 | 13 | 8 | - |
| | Ratio (%) | 25.7 | 22.2 | 30.3 | 4.0 | 7.1 | 10.5 | 100 |

* Except route guide

A: surveyor, B: assistant1, C: assistant2

Dw: Directing work, Ww: Wating for works, Mp: Moving to next point, Pl: Profile leveling, Cl: Cross leveling, Rw: Rest between works, Rp: Representation of point, Ct: Checking topographic features

법을 이용하였다. 또한 작업자세의 측정 간격은 작업의 특성에 따라 달라질 수 있으나, 임도 노선측량작업의 특성상 작업 자세가 자주 변경되지 않기 때문에 5초마다 실시하였다.

측량작업자들의 주요 요소작업은 주로 이동, 폴 설치 및 대기, 지형 확인, 위치(측점)표시, 종단측량, 횡단측량 등으로 구분하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 작업시간 분석

1) 4인 작업조의 측량작업 시간 분석

측량자의 역할은 주요 측점의 중횡단물매의 간이측량을 실시하며, 노선길잡이는 작업원보다 먼저 이동하여 다음 예상 이동경로와 예상 측점을 측량자에게 전달하여 작업을 원활하게 하는 역할을 한다. 보조자 1은 측량자가 측점에서 중횡단물매를 측량할 수 있도록 보조 역할을 하며, 보조자 2는 측량이 끝난 후 해당 측점에 측정번호를 기록한다.

4인 작업조의 노선측량 방법 중 측량자의 작업과정은 주로 이동, 지시 및 대기, 종단측량, 횡단측량의 순환적 사이클을 이루고 있으며, 작업의 중간에 휴식, 기타 작업이 불규칙적으로 발생하고 있었다. 보조자 1의 작업과정은 주로 이동, 폴 설치 및 대기의 순환적 사이클을 이루고 있으며, 작업의 중간에 위치표시, 휴식, 기타 작업요소가 불규칙적

으로 발생하고 있었다. 또한 보조자 2의 작업과정은 주로 이동, 위치표시, 대기의 순환적 사이클을 이루고 있으며, 작업의 중간에 휴식, 지시, 기타의 작업요소가 불규칙적으로 발생하고 있었다.

4인 작업조의 작업자들의 여유시간 비율은 측량자 4.9%, 보조자1 11.0%, 보조자2 10.5%로 나타났다(Table 2).

2) 3인 작업조의 측량작업 시간 분석

3인 작업조에서 측량자의 역할은 주요 측점의 중횡단물매의 간이측량을 실시하는 것이며, 보조자 1은 측량자가 측점에서 중횡단물매를 측량할 수 있도록 보조 역할을 하고 측량자가 다음 측점으로 이동하여 폴을 설치할 수 있도록 위치를 표시한다. 보조자 2는 야장작성 등 측량자를 보조하는 역할을 하며, 측량이 끝난 후 해당 측점에 측정번호를 기록한다.

3인 작업조의 노선측량 방법 중 측량자의 작업과정은 주로 이동, 지시, 종단측량, 횡단측량의 순환적 사이클을 이루고 있으며, 작업의 중간에 휴식 및 대기가 불규칙적으로 발생하고 있었다.

보조자 1의 작업과정은 주로 이동, 폴 설치 및 대기, 위치표시의 순환적 사이클을 이루고 있으며, 작업의 중간에 휴식, 기타 작업요소가 불규칙적으로 발생하고 있었다. 또한 보조자 2의 작업과정은 주로 이동, 위치표시, 대기의 순환

Table 3. Time analysis of teams of 3.

| Division | Mp | Ww | Pl | Cl | Dw | Rw | Total | |
|----------|-----------|------|------|------|------|-----|-------|-----|
| A | A (S) | 86 | 136 | 71 | 32 | 93 | 1,035 | - |
| | N | 156 | 47 | 161 | 140 | 21 | 5 | - |
| | Ratio (%) | 31.2 | 14.8 | 26.6 | 10.4 | 4.5 | 12.5 | 100 |
| B | Mp | Ww | Ct | - | etc. | Rw | Total | |
| | A (S) | 67 | 140 | 342 | - | 141 | 313 | - |
| | N | 166 | 156 | 16 | - | 5 | 5 | - |
| | Ratio (%) | 27.3 | 53.8 | 13.1 | - | 1.8 | 4.0 | 100 |
| C | Mp | Ww | Ct | Ct | etc. | Rw | Total | |
| | A (S) | 53 | 94 | 94 | 80 | 108 | 976 | - |
| | N | 172 | 109 | 161 | 10 | 31 | 5 | - |
| | Ratio (%) | 20.7 | 23.5 | 34.5 | 1.9 | 7.7 | 11.6 | 100 |

A: surveyor, B: assistant1, C: assistant2

Dw: Directing work, Ww: Wating for works, Mp: Moving to next point, Pl: Profile leveling, Cl: Cross leveling, Rw: Rest between works, Rp: Representation of point, Ct: Checking topographic features

적 사이클을 이루고 있으며, 작업의 중간에 지형확인, 휴식, 기타의 작업요소가 불규칙적으로 발생하고 있었다.

3인 작업조의 작업자들의 작업여유율은 측량자 12.5%, 보조자 1 4.0%, 보조자 2 11.6%로 나타났다(Table 3).

4인 작업조와 3인 작업조의 임도 노선측량 작업시간을 조사한 결과 1 km의 임도 노선측량 작업을 실시할 경우, 4인 작업조는 7시간 38분 26초가 소요되었으며, 3인 작업조는 12시간 8분 56초가 소요되었다. 총 작업시간은 4시간 30분 가량의 차이가 발생하였는데 이는 4인 작업조와 3인 작업조의 작업 방법은 같으나, 4인 작업조의 경우, 노선길잡이가 측량자와 보조자1, 보조자 2의 노선측량 진행 방향을 설정해 주는 등 측량작업자의 부담을 덜어주었기 때문에 작업시간을 단축하고 작업여유율을 증가시킬 수 있었던 것으로 사료된다. 측량자는 이동시간이 가장 많은 비율을 차지하고 있었으며, 보조자 1은 폴 설치 및 대기 시간, 보조자 2는 위치를 표시하는 시간이 가장 길게 나타났다.

기타 작업의 요소로는 BP와 TBM간의 재측량으로 인한 이동시간과 보조자의 가지치기 작업시간으로 인한 대기시간이 불규칙적으로 발생하였다.

2. 작업강도 분석

4인 작업조의 노선측량 작업에서 작업자의 심박수증가율을 분석한 결과, Table 4에서 보는 바와 같이 심박수증가율은 측량자 32.6%, 보조자 1 27.6%, 보조자 2 48.9%로

나타났다. 또한 3인 작업조에서는 측량자 20.5%, 보조자 1 30.2%, 보조자 2 46.9%로 나타났다.

에너지대사율의 경우, 4인 작업조의 에너지대사율은 측량자 8.3, 보조자 1 6.8, 보조자 2 6.5로 조사되었으며, 3인 작업조의 에너지대사율은 측량자 6.7, 보조자 1 5.0, 보조자 2 4.0으로 조사되었다. 4인 작업조에 비하여 3인 작업조의 에너지대사율이 낮게 나타난 것은 3인 작업조의 작업시간과 휴식시간이 상대적으로 많아서 분당 에너지소비량이 낮아졌기 때문인 것으로 판단된다. 한편, 작업시간에 따른 적정 휴식시간을 산정하여 에너지대사율을 조사한 결과 가벼운 작업으로 분류되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 다른 산림작업의 에너지소비량과 비교하여 높게 나타난 이유는 급변하는 산지경사에 따라 작업자의 작업강도가 높아져 에너지 소비량이 증가한 것으로 판단되며, 임도 노선측량 작업 대상지의 경사도를 고려하여 작업시간을 적절하게 분배해야 할 것으로 판단된다. 또한 작업시간 중 휴식시간의 비율을 높여 작업자의 작업강도를 조절할 수 있도록 해야 한다.

이를 바탕으로 구해진 작업강도지수를 살펴보면 4인 작업조 노선측량작업자 중 측량자의 작업강도지수는 49.9%, 보조자 1 39.1%, 보조자 2 48.3%로 조사되었으며, 3인 작업조는 측량자 43.6%, 보조자 1 37.6%, 보조자 2 46.3%로 조사되었다.

Lee 등(1998)은 낙엽송 벌도작업에 있어 벌도작업은 약 46.4%, 조재작업은 47.0%라고 하였으며, Kim(1986)은 케

Table 4. Work intensities of route survey worker about forest road.

| Work groups | EE (kcal/min.) | RMR | IHR (%) | WLI (%) | |
|-------------|----------------|-----|---------|---------|------|
| A | surveyor | 6.7 | 4.3 | 32.6 | 49.9 |
| | assistant 1 | 5.9 | 4.0 | 27.6 | 39.1 |
| | assistant 2 | 5.7 | 4.0 | 48.9 | 48.3 |
| B | surveyor | 9.5 | 6.7 | 20.5 | 43.6 |
| | assistant 1 | 7.0 | 5.0 | 30.2 | 37.6 |
| | assistant 2 | 5.7 | 4.0 | 46.9 | 46.3 |

A : teams of 4, B: teams of 3

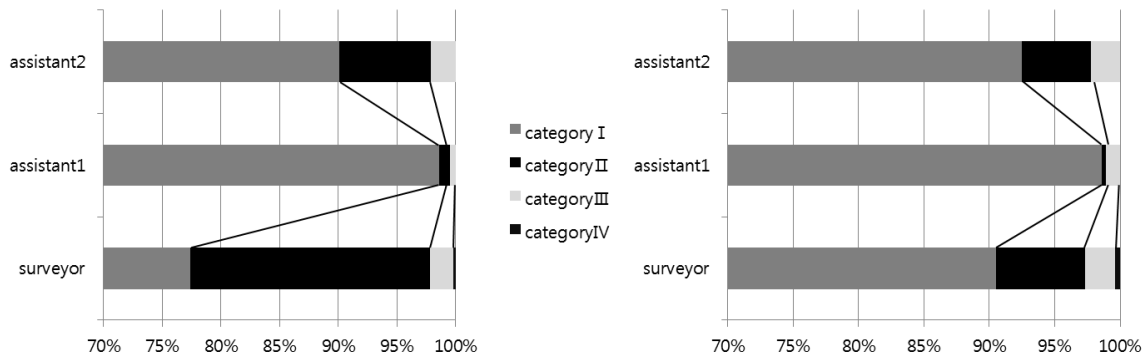


Fig. 1. Work postures of route survey worker on forest road (left: teams of 3, right: teams of 4).

이불 크레인을 이용한 집재작업시 26.6%, 로깅부기를 이용한 집재작업시 33%, 트랙터 윈치를 이용한 집재작업시 26%라고 하였다. 상기 연구와 비교하여 볼 때, 임도노선측량작업은 집재기계를 이용한 작업보다 작업강도가 높으며, 특히 측량자와 보조자 1의 경우에는 낙엽송 벌도작업 및 조재작업과 비슷한 수준임을 알 수 있다.

Apud 등(1989)의 산림작업의 에너지 소비량과 비교하면 측량자는 2.0kg의 도끼로 분당 20번 타격한 것과 같으며, 보조자 1과 보조자 2는 체인톱을 운반한 것과 같은 수준의 작업강도인 것을 알 수 있었다.

측량자가 보조자 1과 보조자 2에 비해 높게 나타난 이유는 같은 거리를 이동하였지만, 측량자는 요소작업이 계속 반복되어 진행되었고 보조자 1과 보조자 2는 이동 후 대기 시간의 증가에 따라 작업강도가 상대적으로 낮게 나타난 것으로 판단된다.

3. 작업자세 분석

임도 노선측량 작업의 자세 분석을 통하여 작업자에게 근골격계 부담이 얼마나 영향을 미치는지 분석하였다 (Fig. 1).

4인 작업조는 측량자, 보조자 1, 보조자 2 등 3명의 작업자 모두 카테고리 I의 비율이 90%이상인 것으로 나타났다. 3인 작업조의 경우 측량자는 카테고리 I의 비율이 77.4%, 보조자 1과 보조자 2는 90%이상으로 나타났으며, 4인 작업조와 마찬가지로 작업자 모두 간단한 측량도구들만 소지하여 카테고리 I의 비율이 높게 나타난 것으로 판단된다. 또한 카테고리 I의 비율이 높게 나타난 이유는 모든 작업에 사용되고 있는 측량도구의 무게가 10kg 이하였기 때문에 작업도구에 따른 육체적 부담이 줄어들었으며, 허리나 다리를 구부리는 자세가 비교적 없기 때문인 것으로 판단된다. 한편, 카테고리 II의 비율도 작업 중 나타났는데 이는 다양한 산지 지형에 따라 작업자의 자세가 불편했기 때문인 것으로 판단된다.

IV. 결론

임도의 노선측량 작업은 현재까지 표준화된 작업방법이 마련되어 있지 않기 때문에 측량작업의 현황을 파악하여 장기적으로 작업의 표준화를 정립하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 임도 노선측량작업을 대상으로 측량작업자의 작업과정을 조사하여 작업시간, 작

업강도, 작업자세 등을 분석하였으며, 이를 통해 임도 노선 측량작업의 품 산정과 작업 표준화를 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

1 km에 대한 임도 노선측량작업 결과, 4인 작업조의 경우 총 7시간 38분 26초가 소요되었으며, 3인 작업조는 총 12시간 8분 56초가 소요되었다. 대부분의 작업시간은 이동과 측량과정에 소요되었으며, 2개의 작업조 간 작업시간의 차이는 노선길잡이의 유무에 따라 발생하는 것으로 판단된다. 작업여유율은 3인 작업조가 상대적으로 높은 것으로 나타났지만, 시간과 비용적 측면에서 4인 작업조가 효율적인 것으로 나타났다.

또한, 측량작업자의 에너지대사율은 3인 작업조의 에너지대사율이 낮게 나타났는데, 이는 작업시간과 작업여유율이 증가하여 분당 에너지소비량이 낮아졌기 때문인 것으로 판단된다. 반면 2개 작업조의 작업강도는 비교적 높은 것으로 측정되었는데, 다른 산림작업의 에너지소비량과 비교하여 높게 나타난 것은 급변하는 산지경사가 작업자의 작업강도에 영향을 미친 것으로 사료되며, 이러한 점을 미루어 볼 때, 측량작업 대상지의 산지경사를 고려하여 휴식시간을 적절히 분배하고 휴식시간의 비율을 높여 작업강도를 낮춰야 할 것으로 판단된다.

한편 작업자세에 대한 조사 결과, 2개의 작업조 모두 카테고리 I의 비율이 높게 나타났으며, 부분적으로 카테고리 II의 결과도 나타났다. 이는 근골격계에 큰 영향을 미치지 않는 수준으로 이에 대한 조치는 불필요한 것으로 판단된다.

이러한 연구결과는 임도 노선측량 작업의 표준화를 추진

함에 있어서 작업난이도에 따른 적정 임금의 산정, 작업방법의 개선과 효율성 제고 등에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- Apud E Bostrand, L Mobbs ID and Strehlke. B 1989. Guide-lines on ergonomic study in forestry. ILO, Geneva. pp. 243.
- Chung BY, Lee DK. 2009. Human Engineering. Minyoungsa. Seoul, Korea. pp. 838. [in Korean]
- Kim JW. 1986. A work study on the thinning operations with chainsaw. Master thesis. Seoul National Univ., Seoul, Korea. [in Korean]
- Kim MK, Park SJ. 2012. An analysis of the operational time and productivity in whole-tree and cut-to-length logging operation system. Journal of Korean Forest Society 101: 344-356. [in Korean]
- Lee JW, Park BJ. 1998. Performance analysis of earth work using excavator in the case of forest road construction. Journal of Korean Forest Society 87:82-89. [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 87:121-130. [in Korean]
- Park BJ. 1996. A study on work load of tree felling work using maximal oxygen uptake and heart rate. Master thesis. Chungnam National Univ., Daejeon, Korea. [in Korean]
- Park HS. 2003. A study on appraisalment of work intensity of moving work in forest. Master thesis. Chungnam National Univ., Daejeon, Korea. [in Korean]
- Yeom IH. 2012. A study on the efficiency of Forest-road survey work. Master thesis. Chungnam National Univ., Daejeon, Korea. [in Korean]