

林道工事時 掘削機를 利用한 土工作業의 工程分析^{1*}

李峻雨² · 朴範鎮²

Performance Analysis of Earth Work Using Excavator in the Case of Forest Road Construction^{1*}

Joon Woo Lee² and Bum-Jin Park²

요 약

임도공사지의 토공작업을 대상으로 0.8m³용량의 굴삭기와 1.0m³굴삭기를 사용하여 임도시공시 토공작업의 작업시간, 작업능률, 그리고 작업능률에 영향을 미치는 임도의 선형요소를 분석하였다.

1일 작업시간은 평균 8시간 23분으로 조사되었고, 총작업시간(Total working time) 중 순수작업시간(Net working time)이 85.7%, 여유시간이 14.3%로 조사되었으며, 순수작업시간(Net working time) 중 흙 운반(St)과 절토(Ec)의 비율이 38.6%와 32.5%를 차지하는 것으로 나타났다.

작업능률을 분석한 결과, 0.8m³용량의 굴삭기로 토사지역에서 작업을 한 경우 직선부의 작업능률이 곡선부보다 약 1.4배 높은 것으로 조사되었다. 또한 직선부에서 0.8m³용량의 굴삭기로 작업을 수행한 경우 버킷을 이용한 토사작업의 능률이 브레이커를 이용한 암작업의 작업능률보다 약 9.1배 높은 것으로 나타났다. 토사지역에서 0.8m³ 및 1.0m³용량의 굴삭기로 작업을 수행한 결과, 직선부와 곡선부에서 1.0m³용량의 굴삭기가 0.8m³보다 약 1.3배의 작업능률을 보였다.

그리고, 토사지역에서 0.8m³용량을 굴삭기를 대상으로 작업능률과 이에 영향을 미치는 임도의 선형요소를 분석한 결과, 곡선반지름, 노폭, 사면경사가 작업능률에 크게 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 벌채된 지장목의 벌근경과 본수는 작업능률에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

ABSTRACT

This study was carried out to investigate working time, performance, and to predict performance that related to the factor of forest road in earth work using excavator.

It was found that the real working time was 503 minutes in a day. The ratio of real working time and allowance per total working time was approximately 85.7% and 14.3% individually. The rate of soil movement(Sm) to net working time was 38.6%, and earth cutting(Ec) was 32.5%.

According to performance analysis, performance of earth work using excavator(0.8m³) in straight part was 1.4 times larger than curve part and rock work using excavator(0.8m³) which had breaker in straight was 9.1 times larger than earth work using excavator(0.8m³) which had bucket. Performance of earth work using excavator(1.0m³) was 1.3 times larger than using excavator(0.8m³) in straight and curve part.

Working performance in earth work using excavator(0.8m³) was influenced by the conditions of radius of curve, width of roadway, slope gradient. It is not influenced by diameter and number of root stock.

Key Word : Performance Analysis, Forest Road, Earth Work, Excavator

¹ 接受 1997年 12月 22日 Received on December 22, 1997.

² 충남대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Chungnam Nat'l Univ., Taejon, 305-764, Korea.

* 이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 자유공모과제 연구비 지원으로 수행되었음.

서 론

林道(Forest road)는 조방적인 임지를 조직적으로 관리, 경영하고, 조림, 무육작업과 목재생산 및 반출작업에 이용되는 산림 생산활동의 필수 기반시설이며, 농산촌지역의 생활환경 개선에 필수적인 지역간의 연결로이다. 우리의 산림은 과거 녹화작업의 대상지에서 산림경영활동을 통한 자원육성과 산촌소득개발을 통한 산림자원 조성화의 대상지로 변화하는 전환점을 맞고 있다. 林業機械化는 3D현상과 인건비 상승, 그리고 이농현상으로 인한 노동력의 양적·질적인 저하를 극복하여 단위 생산성을 향상시켜 줄 것으로 기대된다. 따라서, 임업기계화의 기반시설인 임도의 필요성이 날로 증가하고 있다. 더욱이 국민의 의식수준이 향상됨에 따라 임도의 기능이 임업경영에 국한되지 않고 휴양객의 경관감상과 보건휴양을 위한 장소로써 그 역할이 다양해지고 있다(유태규와 전경수, 1992). 이러한 환경변화에 발맞춰 산림청에서는 2010년까지 임도밀도 10m/ha (56,000km)를 목표로 1996년 말까지 약 11,000km를 개설하였으며, 매년 그 물량을 2,700km까지 늘여 나갈 예정이다(산림청, 1991).

임도도 다른 건설공사와 마찬가지로 측량 - 설계 - 시공의 과정을 거쳐 개설되고 있지만 합리적인 공사원가의 산정을 위해서는 설계단계에서 각각의 공종별로 공사물량과 작업능률, 그리고 작업품에 대한 자료를 필요로 한다(김종윤과 정영교, 1994). 타 공도의 설계에는 건설표준품셈을 사용하고 있으며 임도설계에 있어서도 이를 준용하고 있는데, 임도는 작업조건이 급경사의 산악지형이며 노폭이 약 4m정도의 단차선(산림청, 1990)으로 타 공도와 비교하여 상이하므로 임도에서의 작업 품 및 공정개발이 시급한 실정이다. 임도 공사비의 많은 부분을 차지하는土工에 적용되는 공종은 크게 흙작기, 흙운반 및 노면정리로 이루어지고 있다(김종윤과 정영교, 1994). 이중 흙작기작업은 전체 시공에 많은 부분을 차지하고 있으며, 토사절취와 암절취로 이루어진다. 암절취는 발파와 리핑을 통하여 실시되고 있고, 토사절취와 발파암 부스러기 운반은 굴삭기나 불도저를 이용하여 실시되고 있다.

현재 임도시공에 사용되고 있는 기종은 흙작기작업에 불도저(Bulldozer)와 굴삭기(Excavator;

backhoe)가 있으며, 흙운반에는 주로 불도저(Bulldozer)와 덤프트럭(Dump truck)이 이용되고 있다. 그리고 노체 흙쌓기 및 다짐공사에는 그레이더(Grader)와 진동롤러(Vibrating roller) 및 타이어롤러(Tire roller)를 이용하고 있다. 일본의 경우는 토공에서 굴삭기의 투입회수가 약 50%에 달한다고 보고된 바 있으며(藤原, 1981), 陽 등(1987)은 굴삭기의 이용회수의 증가 및 대용량 굴삭기에 대한 선호도가 높아지고 있다고 보고하였고, 국내에서도 흙작기작업과 노체형성작업, 그리고 구조물 매설을 위한 터파기작업 등에 굴삭기가 가장 범용적으로 이용되고 있다.

한편, 시간연구(Time study)는 테일러(F.W. Taylor)에 의해 시작되었으며 작업측정(Work measurement)이라고 불리우기도 한다. 시간연구는 작업에 소요되는 시간과 자원의 량을 측정하기 위하여 수행되어진다. 시간연구의 기본적 개념은 작업을 각각의 요소로 구분하고 요소작업별 작업시간을 측정하며 작업시간에 영향을 미치는 인자들을 조사하여 틀린 동작, 느린 동작을 줄여 나가는 데 있다(이진식, 1994).

따라서 본 연구는 총 임도공사비에서 가장 많은 부분을 차지하고 있는 흙작기작업(토공작업)에 대하여 보편적으로 임도시공에 사용되는 굴삭기를 대상으로 작업시간 연구를 실시하여 작업품을 산정하는 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구대상지의 선정

국유임도와 사유임도를 대상으로 임도시설공사 설계서와 도면을 참조하여 토질, 선형구조 등의 구분이 가능한 임도 시공지를 연구대상지로 선정하였으며, 연구목적에 적합한 구간을 추출하여 조사하였다.

본 연구에서 선정된 임도의 개요는 Table 1과 같다.

2. 굴삭기 작업기종 및 작업원의 선정

임도시공에서 흙작기 작업은 대부분 굴삭기와 불도저의 조합으로 이루어지고 있으며, 그 비율은 일본의 경우 1960년대 중반에 불도저의 이용빈도가 높았으나 1980년대 중반에 이르러 굴삭기가 불도저 보다 임도시공에 3배 이상 투입되고 있다. 또한, 굴삭기의 규격이 큰 기종에 대한 선

Table 1. General description of forest roads investigated.

Location	Constructed year	Surveyed distance (km)
Junghung-ri, Yedang-myon, Gongju-si, Chungchungnam-do	1996	1.8
Narung-ri, ensan-myon, Buye-gun Chungchungnam-do	1997	2.3
Jang-dong, Daeduck-gu, Taejon metropolitan city	1996	1.6
Sungbuk-dong, Yousang-gu, Taejon metropolitan city	1997	1.5

Table 2. Description of excavator using earth work in case of this study.

Capacity of bucket(m ³)	Weight (kg)	Maximal running speed(km/hr)	Excavation power(kg)	Revolution speed (rpm)
0.8	21,140	5.3	11,700	12.5
1.0	28,800	4.7	16,700	10.3

호도가 점차 높아지는 것으로 보고된 바 있다(楊 등, 1987; 上飯坂, 1961).

굴삭기의 종류는 무한 궤도형과 4륜구동형이 있고, 주로 버킷(bucket) 용적의 규격에 따라 구분하고 있으며, 0.8m³와 1.0m³ 규격 이상의 굴삭기가 임도개설공사에서 주로 사용되고 있어 본 연구에서는 국내회사에서 제작한 굴삭기 중 현재 가장 많이 사용되고 있는 0.8m³과 1.0m³ 규격의 궤도형 기종을 선정하여 조사하였다.

조사에 사용된 굴삭기의 조작수(Operator)는 연령이 25세와 30세의 임도시공경력 2년인 자영업자 2인으로 선정하였다.

3. 토공에 영향을 미치는 관련인자 조사

관련인자의 조사는 현장조사와 임도설계서 및 설계도면을 이용한 그 밖의 것으로 이루어지며, 조사에 앞서 각각의 항목에 대하여 사전에 세부 조사야장을 작성하고 현지에서 조사 기입하였고, 그 밖의 인자들은 임도설계도면이나 설계서를 바탕으로 조사하였다.

1) 토질

일반적으로 토질의 구분은 보통토사와 경질토사, 점토와 호박돌이 섞인 토사 등으로 구분하고, 암의 경우는 곡괭이를 사용하여 절취가 가능한 풍화암과 균열과 균열의 간격이 10-30cm 정도의 경암, 그리고 풍화상태가 거의 없고 절취시 다이내마이트를 이용해야 하며, 균열간격이 30-50cm 정도인 보통암과 균열간격이 1m 정도의

경암으로 구분한다(임업연구원, 1988). 그러나 본 연구에서는 발파를 요하는 발파암을 제외하고 굴삭기의 버킷으로 절취가 가능한 토사와 버킷으로 절취가 불가능하여 브레이커를 사용해야 하는 보통암으로 구분하여 조사하였다.

2) 임도의 선형요소

임도에 관한 특성은 설계도를 통하여 사전조사를 실시하며, 시공 후 현장에서 측량도구(잽줄, Clinometer, Compass 등)를 이용하여 현지측량을 실시하여 보정하였으며, 곡선반지름과 노폭은 노면형성작업이 끝난 후 잽줄로 측량하였다. 그리고 사면경사와 종단물매는 Clinometer를 이용하여 실측하였다.

4. 작업시간조사

시간연구를 수행하기 위해서는 작업을 요소작업으로 구분하고 요소작업시간에 영향을 미치는 중요한 작업조건들에 대한 분석을 필요로 한다.

작업분석에는 사람을 대상으로 하는 작업분석과 사물을 대상으로 하는 공정분석이 있다. 공정분석이란 완만하게 움직이는 대상물이 움직이는 전 과정을 청취, 기록하는 등의 간접적인 방법으로 이루어진다. 따라서 특정 작업공정에 대하여 작업을 분석하고 세부적인 연구를 진행하기에 앞서 공정분석을 통해 먼저 전반적인 작업방법과 작업순서를 검토하여야 한다.

시간연구(Time study)는 현재의 우리나라 여건상 가장 적용이 용이한 작업분석 방법으로써

전적법이나 실적자료법과 같이 이미 수행된 산림 작업에 관한 작업연구자료를 요구하지 않으며, 동작시간 표준법과 같이 勳業(therblig)를 분석할 전문인력을 요구하지도 않는다.

임도시공시 작업시간의 비율은 작업원의 작업 방식에 따라 차이를 보이지만 노면과 사면다지기 및 측구파기 작업을 제외한 순수 토공의 비율이 전체의 90%로 대부분을 차지하고 있으므로(차두 송과 지병윤, 1997), 본 연구에서는 순수토공을 대상으로 작업시간 및 작업능률을 조사하였다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 연구 대상지에서 임도시공시 토공의 과정은 크게 지피식생 및 표토제거 - 흙깎기 - 노면형성 - 노면다지기의 순환적 작업사이클에 포함되면서, 또한 자체적으로 ①붐(boom)을 절토면으로 이동하고, ②버킷으로 토사를 굴착한 후, ③붐을 다시 성토면으로 이동하여, ④토사를 내리는 작업과정이 일련의 연속적인 사이클을 이루게 된다. 또한 작업의 중간에 휴식, 주유, 굴삭기 점검 및 수리 등의 작업이 불규칙적으로 발생하게 된다.

작업요소의 구분은 예비조사를 통하여 Table 3에서 보는 바와 같이 크게 순수작업시간(Net working time)과 여유시간(Allowance)으로 구분

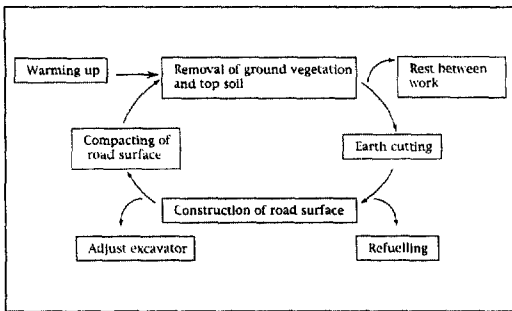


Fig. 1. Process chart showing process of earth work using excavator in study area.

하였고, 순수작업시간을 다시 지피식생 및 표토제거(Rgt), 흙깎기(Ec), 흙운반(St), 노면형성(Cr), 노면다지기(CR)로 구분하였으며, 여유시간은 작업준비(Wu), 휴식(Rw), 주유(Re), 정비(Ae)로 구분하였다. 이동은 주로 흙운반, 노면다지기에 포함되므로 따로 구분하지 않았다.

1) 지피식생 및 표토제거작업 시간

지피식생 및 표토제거는 임도시공시 토공의 첫 번째 단계로써 벌채목이 제거된 임도시공 예정지에 지피식생, 근주, 표토를 걷어내는 작업이다.

2) 흙깎기작업 시간

흙깎기는 표토제거 후 절토부의 흙을 깎아내는 작업이다.

3) 흙운반작업 시간

흙운반은 사토량을 줄이기 위하여 노퍽이 넓어지는 곡선부와 지반고가 낮아지는 계곡부로 토사를 운반하는 작업이다.

4) 노면형성작업 시간

노면형성은 버킷을 이용하여 좌·우로 흙을 고르며 노면을 형성하는 작업이다.

5) 노면다지기작업 시간

굴삭기의 노면다지기작업은 로울러를 사용하여 노면을 다지기 전에 주로 성토부를 왕복하면서 굴삭기의 하중을 이용하여 노면을 다지는 작업이다.

6) 작업준비 시간

작업준비는 하루의 작업을 시작하기 전에 장비의 원활한 작동을 위하여 굴삭기의 관절부위와 체도부위를 시험가동하는 과정이다.

Table 3. Division of sub-operation.

Total working time									
Net working time					Allowance(Etc.)				
St	Ec	Cr	Rgt	CR	Wu	Re	Rw	Ae	
St	: Soil transportation				Wu	: Warming up			
Ec	: Earth cutting				Re	: Refuelling			
Cr	: Compacting of road surface				Rw	: Rest between work			
CR	: Construction of road surface				Ae	: Adjust of excavator			
Rgt	: Removal of ground vegetation and top soil								

7) 장비점검 시간

장비점검은 굴삭기에 관절부에 윤활유를 주입하고 버킷의 상태를 확인하여 작업지체가 발생하지 않도록 하는 과정이다.

본 연구에서는 시간연구(Time study)를 이용하여 작업시간을 조사하며, 조사방법은 디지털시계(Stop watch)를 이용한 연속시간관측법(continuous reading method)으로 실시하여 조사내용을 야장에 기입하였다. 또한 조사자의 과실이나 작업현장의 갑작스런 상황변화 등의 요인으로 누락되는 부분을 보완하기 위하여 형성된 노면과 절토부 위쪽에 가정용 8mm 비디오카메라를 각각 1대씩 설치하고, 작업의 모든 장면을 촬영하여 필요에 따라 실험실에서 녹화된 화면을 분석하는 방법을 병행하였다.

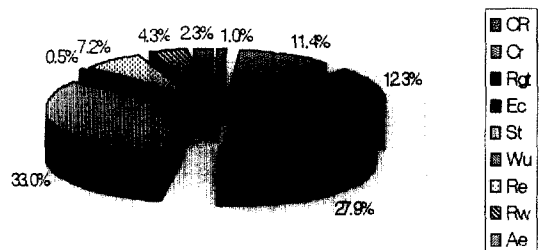
결과 및 고찰

1. 작업시간의 구성

연구대상지에서 작업은 보통 7시를 전후하여 시작되었고, 17시경에 종료되어 1일 총작업시간은 평균 8시간 23분으로 조사되었으며, 점심시간은 약 1시간이었다. 여기서 총작업시간은 점심시간과 작업중 발생하는 사고에 의하여 정비시간과 휴식시간이 30분을 초과하는 경우는 분석에서 제외하였다. 작업시간의 구성은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 총작업시간(Total working time) 중 여유시간은 휴식(Rw)이 4.3%, 정비(Ae)가 2.3%, 주유(Re)가 7.2%, 작업준비(Wu)가 0.5%로 여유시간의 비율은 총작업시간의 14.32%로 조사되었다. 특히 굴삭기는 소형 기계와 다르게 주유에 소비되는 시간이 많이 나타나고 있는데, 왕복 1차선의 임도에서 2대 이상의 굴삭기가 토공을 수행할 경우 앞차의 주유를 위해서는 뒷차의 작업도 지체되므로 전체적인 굴삭기의 작업관리를 통하여 주유시간을 통일한다면 주유로 지체되는 시간을 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 총작업시간 중 굴삭기 조작수의 휴식시간은 4.3%로 박병진(1997)이 보고한 체인톱을 이용한 벌목작업시 휴식시간의 비율 14.2%과 비교해 보면 매우 작은 값을 보이고 있다. 이는 굴삭기 조정이 체인톱을 들고 산악지를 이동하며 벌목하는 작업보다 작업강도가 낮기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 밀폐된 공간에서 장시간 작업을 수행하므로 많은 체력의 손실이 발생할 것으로 예상되어 조

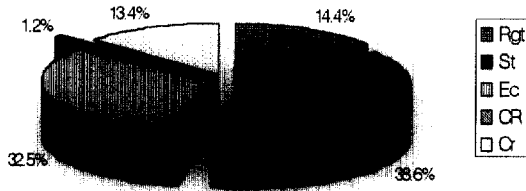
작수의 작업강도에 관한 연구도 필요할 것으로 판단된다. 중량의 기기를 조작하는 조작수에 경우 정신적인 요인이 육체적 작업에 의한 작업부하보다 강하게 작용하므로 심박수나 산소섭취량을 측정하는 방법보다는 혈액이나 소변 중의 피로도를 나타낼 수 있는 효소의 함량을 분석하는 방법이 더 정확한 결과를 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

또한, Fig. 3에서 보는 바와 같이 순수작업시간(Net working time) 중 흙 운반(St)과 절토(Ec)의 비율이 각각 38.6%와 32.5%로 전체의 71.2%를 차지하는 것으로 나타났다. 토공과정 중에서 지피식생과 벌채된 지장목의 근주제거, 덤프트럭에 의한 흙운반, 사면고르기, 노면다지기작업은 그 비율이 낮거나 없는 반면에 대부분의 작업이 흙깎기와 굴삭기를 이용한 흙운반으로 구성되어 노면아래에 매몰된 지장목의 일부가 돌출되어 차량의 통행을 방해하고 노면의 다짐이 부족하여 노면붕괴와 사면침식의 원인이 되기도 한다(김종윤 등, 1990). 또한 Balcom(1988)의 연구에 의하면 4.8mile의 임도를 개설하는 동안 지장목의 집채 및 정리에 소요되는 비용은 전체 공사비의 약 15%로 조사되어 우리나라의 현실과 큰 차이를 보이고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 지장목의 정리 및 사토운반작업의 공정을 밝혀 작업공정에 포함시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.



- St : Soil transportation
- Cr : Compacting of road surface
- Wu : Warming up
- Rw : Rest between work
- Rgt : Removal of ground vegetation and top soil
- Ec : Earth cutting
- CR : Construction of road surface
- Re : Refuelling
- Ae : Adjust of excavator

Fig. 2. Composition of the sub-operational time in total working time



St : Soil transportation
 Cr : Compacting of road surface
 Rgt : Removal of ground vegetation and top soil
 Ec : Earth cutting
 CR : Construction of road surface

Fig. 3. Composition of the sub-operational time in net working time.

2. 작업능력 분석

굴삭기를 이용한 토공작업은 불도저를 이용한 작업과 비교해 볼 때 시공기간이 길다는 단점이 있으나 급경사지에서 능률과 안정성이 더 뛰어나므로 임도시공 현장에서 많이 사용되고 있다(藤原, 1981). 이러한 굴삭기의 작업능률을 분석한 결과, Table 4에서 보는 바와 같이 0.8m³용량의 굴삭기로 토사지역에서 작업을 한 경우, 직선부는 23.7m/hr, 곡선부는 16.7m/hr로 나타나 직선부의 작업능률이 곡선부보다 약 1.42배의 작업능률을 보이는 것으로 조사되었다. 또한 직선부에서 0.8m³용량의 굴삭기로 작업을 수행한 경우 버킷을 이용한 토사작업의 능률이 브레이커를 이용한 암작업의 작업능률인 2.6m/hr보다 약 9.1 배 높은 것으로 조사되었다. 브레이커를 이용한

암석지의 작업능률은 암의 강도와 결의 방향에 따라 크게 좌우되며, 순수작업시간 외에도 버킷과 브레이커를 교체하는 시간 등의 작업지체가 발생되므로 작업시간 및 작업경비가 늘어나게 된다. 그러므로 임도의 계획과정에서 노선을 선정할 때 암 지역을 피해갈 수 있도록 노선을 선정하는 것이 중요하며(마상규, 1987), 암지역과 토사지역의 작업전환에 따른 작업지체를 최소화할 수 있는 작업시스템 및 장비관리에 관한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

토사지역에서 0.8m³, 1.0m³용량의 굴삭기로 작업을 수행한 결과, 직선부와 곡선부에서 1.0m³용량의 굴삭기가 0.8m³보다 1.3배의 작업능률을 보였다. 0.8m³용량의 굴삭기는 1.0m³보다 작업능률은 떨어지지만 임차가격이 저렴하고 버킷의 모서리를 이용하여 추후파기 작업이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 따라서 이러한 0.8m³용량과 1.0m³용량을 이용한 각각의 작업시스템에 경제성 분석에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3. 작업능률에 영향을 미치는 임도의 선형요소

토사지역에서 0.8m³용량을 굴삭기를 대상으로 작업능률과 이에 영향을 미치는 임도의 선형요소를 분석하기 위하여 시간당 작업거리에 영향을 미치는 임도의 선형요소를 구조인자로 하여 작업능률과의 관계를 유의수준 5%로 다중회귀분석한 결과는 Table 5와 같다. 곡선반지름, 종단물매, 사면경사, 노폭과 작업능률의 다중회귀분석을 실

Table 4. Average performance of excavator.

Capacity of excavator	Straight(m/hr)		Curve(m/hr)	
	Earth work (bucket)	Rock work (breaker)	Earth work (bucket)	Rock work (breaker)
0.8m ³	23.7	2.6	16.7	-
1.0m ³	29.8	-	22.3	-

Table 5. Multiple regression equation for earth working performance of excavator resulting from stepwise method.

Variable	Parameter estimate	Partial R ²	model R ²	F	Prob > F
Constant	3.86725	-	-	-	-
Radius of curve	-0.0412	0.4956	0.4956	27.5102	0.0001
Width of roadway	-0.2956	0.0572	0.5527	3.45000	0.0742
Slope gradient	-0.0149	0.0271	0.5798	1.6755	0.2069
Longitudinal gradient	-	0.0023	0.5798	0.1346	0.7168

시한 결과, 곡선반지름, 노폭, 사면경사가 작업능률의 설명에 유의한 변수로 나타났으며, 그 식은 다음과 같다.

$$P=3.87-0.041R-0.296W-0.015S$$

- P : 작업능률(m/hr)
- R : 곡선반지름(m)
- W : 노폭(m)
- S : 사면경사(%)

작업능률은 곡선반경이 작을수록, 사면경사가 완만할수록, 노폭이 좁을수록 증가하는 것으로 조사되었고, 이 식의 작업능률에 관한 설명역은 약 58%로 나타났으며, 각 인자의 상대적 기여도는 곡선반지름, 노폭, 사면경사의 순으로 나타났다. 곡선반지름은 토사의 이동량에 크게 영향을 미칠 수 있는 요인이며, 사면경사는 절토사면을 길게 만들어서 굴삭기의 붐으로 한번에 작업이 불가능한 경우 흙으로 단을 쌓아 굴삭기가 그 위로 올라선 후에 절토작업을 수행하고 절토작업이 끝나면 단으로 이용한 토사를 운반하게 되므로 작업시간에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 이들 요소가 작업능률에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

곡선반지름은 노면침식에 영향을 미치는 임도의 구조인자이며(김중윤 등, 1994), 임도주행시 운차량의 주행속도에도 많은 영향을 미치므로(이준우, 1996) 임도의 설계 및 시공시 이 부분에 대해 특히 많은 관심을 가져야 할 것으로 판단된다.

4. 작업능률과 지장목

조사대상 임도에서 벌근경의 직경은 최소 8cm에서 최대 34cm이며, 평균은 22cm로 조사되었고, 지장목의 평균재적은 0.14m³이었다. 벌채된 지장목의 벌근경과 본수, 그리고 굴진방향의 측면에서 절토 및 성토에 지장을 주는 입목의 제거에 소요되는 시간을 조사한 결과, 벌근경의 직경, 본수, 그리고 굴삭기에 의해 굴진작업 중에 벌목되는 입목의 재적은 굴삭기의 굴삭력과 비교하여 미비하므로 지장목의 위치가 굴삭기의 붐으로 접근 가능한 경우 작업능률에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 벌근제거 작업 공정은 토사절취와 운반작업공정에 포함시킬 수 있을 것으로 판단되고, 지장목의 집재 및

정리에 관한 공정에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

인용문헌

1. 김중윤·이해주·김봉수·오세원. 1990. 수량화에 의한 임도 피해 원인 분석. 임업연구원연구보고 41 : 36-62.
2. 김중윤·정영교. 1994. 임도 적용품과 공사비 분석. 임업연구원연구보고 50 : 151-163.
3. 김중윤·정영교·이준우. 1994. 피해예방을 위한 임도의 구조개선. 임업연구원연구보고 50 : 136-150.
4. 노재후. 1993. 집재작업시스템의 작업능률분석에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문. 123pp.
5. 마상규. 1987. 산악지 임도시설을 위한 암석착공 작업량의 예측. 한국임학회지76(3) : 793-199.
6. 박범진. 1997. 최대산소섭취량과 심박수를 이용한 벌목작업에서의 작업장도에 관한 연구. 충남대학교 석사학위논문. 47pp.
7. 산림청. 1990. 임도시설규정. 산림청. 71pp.
8. 산림청. 1991. 임도시설기본계획. 산림청. 15pp.
9. 유택규·전경수. 1992. 임도에 대한 의식구조 조사연구. 원광대학교 논문집 26 : 145-162.
10. 이준우. 1996. 차량의 주행속도에 관계하는 임도의 구조 개선. 한국임학회지 85(3) : 513-523.
11. 이진식. 1994. 산업공학일반. 형설출판사. 692pp.
12. 임업연구원. 1988. 임도편람. 산림청. 122pp.
13. 전인식. 1992. 건설표준준셈. 건설연구사. 108pp.
14. 차두송·지병윤. 1997. 임도시공에 있어서 굴삭기의 작업행태 및 시간분석. 한국임학회 하계학술연구발표 98-99pp.
15. 宮崎 繁. 1981. 林道工事の運搬捨土工程. 治山林道 16 : 140-146.
16. 藤原正信. 1981. 林道工事における土工機械の施工實態と今後の設計積算の検討. 治山林道 16 : 64-68.
17. 上飯坂實. 1961. 林道工事費見積りに關する

- 統計的考察. 日林講 71 : 370-372.
18. 陽 筱琴・酒井徹朗・佐佐木功. 1987. 林道の機械施工に関する研究. 京都大 演研報 59 : 187-195.
19. 下妻博隆. 1980. 農道事業の一断面から見た
民有林林道事業. 治山林道 15 : 194-200.
20. Balcom, J. 1988. Construction cost for forst road. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. Research Bulletin 64. 21pp.