

# 건설기계 시공능력 산정에 관한 연구 : 작업효율 중심으로

## Estimation of Construction Equipment Production Rates: Focus on Efficiency Rate

박희성\* · 한예령\*\* · 허영기\*\*\* · 안방률\*\*\*\*

Park, Hee-Sung · Han, Ye Lyeong · Huh, Youngki · Ahn, Bang Ryul

### Abstract

Heavy equipment is a very important factor for successful construction implementation. Also, the cost for heavy equipment is a major part of construction cost. Therefore, the estimation of equipment cost is a critical job in the construction planning phase. A formula for production rates shown in 'Standard Unit Labor' has been used to estimate construction equipment capability per hour and cost. Although the performance of equipment has been improved, the efficiency rates in the formula are not updated lately. Therefore, this research performed several site visits to measure construction equipment working time and then calculates the efficiency rates for hydraulic backhoe, loader, and dump truck. The results show that the measured efficiencies of backhoe and loader are higher than current ones and vice versa for dump truck. This research proposes the needs for a standardized calculation formula and systematic and long-term data collection and measurement for updating efficiency rates for heavy equipment.

Keywords : construction, heavy equipment, production rate, efficiency

### 요 지

건설기계는 건설사업의 성공적인 수행을 위한 중요한 요인이다. 그리고 건설기계로 소요되는 비용이 건설공사비에서 차지하는 비중이 크다. 따라서 건설기계 비용의 산정은 건설계획 단계에서 중요한 업무이다. 이를 위해서 우리나라는 표준 품셈에 제시된 건설기계 시공능력 산정식을 이용하여 건설기계의 시간당 작업량을 계산하는 방식을 활용하고 있다. 그러나 건설기계의 성능은 개선되고 있으나 시공능력 산정식에서 활용되고 있는 작업효율은 이를 반영하지 못하는 실정이다. 이에 본 연구는 유압식 백호, 로우더, 덤프트럭을 대상으로 현장실사를 통해 작업효율을 실측하였다. 그 결과 백호와 로우더는 현재 활용중인 작업효율보다 현장실사 값이 높게 나타났으며, 덤프트럭은 낮게 나타났다. 본 연구결과를 바탕으로 건설기계의 작업효율 표준 산정식에 대한 정의가 수립되어야 하며, 체계적이고 장기적인 조사를 거쳐 작업효율의 개정이 필요할 것으로 사료된다.

핵심용어 : 건설, 건설기계, 시공능력, 작업효율

## 1. 서 론

### 1.1 연구 목적

성공적인 건설공사를 위해서는 과거의 시공실적을 분석한 성과를 토대로 수립된 합리적인 계획이 필요하다. 합리적인 시공계획은 공사의 목적을 확인하고, 목적에 부합하도록 예산 및 공기 등 제한 조건 내에서 완공하기 위한 작업계획 수립, 시공법 결정, 사용 건설기계 및 조합 등을 검토하여 소요기계장비, 노동력, 재료의 원활한 공급을 도모해야 한다(권기태, 2002). 근래에 공사의 대형화, 복잡화 등으로 인해 기계화시공은 보편화되었으며 건설 자동화에 대한 연구 및 현장 적용이 도입되고 있는 상황이다. 즉, 건설기계는 성공

적인 시공을 위한 주요 요소이며 최소의 노동력을 투입하여 최대의 효과를 위해서는 건설기계의 활용 및 개발 연구가 더욱 필요한 실정이다. 따라서 정해진 공기 내 완공을 위해서는 적절한 시공법과 효과적인 건설기계를 선정하여 건설기계의 실제 작업능력을 추정하여 계획에 반영하여야 한다. 이를 통해서 현장에 적합한 기계의 선정이 가능하며 이를 반영함으로써 건설기계 비용의 최적화가 가능해진다.

공공건설공사의 예정가격 산정을 위해 건설공사 표준품셈(이하 품셈)과 실적공사비제도가 병행 사용되고 있으며, 건설기계 비용 산정을 위해서는 품셈에 제시된 시공능력식과 관련 계수를 이용하고 있다. 시공계획 시 공기 산정을 위해서는 시간당 작업량과 평균작업시간으로 된 작업일수를 작성

\*정회원 · 한밭대학교 토목공학과 조교수 · 공학박사 (E-mail : jackdaniel@hanbat.ac.kr)

\*\*한밭대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : besthairs@hanmail.net)

\*\*\*정회원 · 교신저자 · 부산대학교 건축공학과 조교수 · 공학박사 (E-mail : ykhu@pusan.ac.kr)

\*\*\*\*한국건설기술연구원 건설코스트연구센터 연구원 (E-mail : brahn@kict.re.kr)

한다. 시간당 작업량은 기계의 이상적인 표준작업량이 아닌 실제작업에서 발생하는 시간적인 손실과 작업 손실을 고려한 실제 작업량을 의미한다. 이는 기계의 이상적인 표준작업량에 일정한 계수를 곱하여 산출하는데 이 계수를 작업효율 계수라 한다. 그러나 현재 품셈은 계산식에 대한 명확한 정의가 제시되어있지 않으며 계수 값에 대한 실사데이터도 없는 상태이다. 그리고 품셈은 표준적인 조건에 맞는 계수를 제시하고 있어서 각 현장 별 특성 및 여건에 부합하는 계수를 제시하지 못하고 있다. 이에 시공사는 견적 시 입찰형태에 따라 작업효율을 자의적으로 적용하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 국내외 관련문헌 조사를 통해 합리적인 작업효율 산출식을 제시하고 현장실사를 통해 현장특성에 맞는 작업효율 값을 도출하여 품셈에 제시된 값과 비교하였다. 이를 통하여 건설기계 작업효율 계수 결정을 위한 방안을 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설기계 중 토공작업에 가장 많이 활용되고 있는 유압식 백호(back hoe), 로우더(loader), 덤프트럭(dump truck)을 대상으로 하였다. 먼저 기존 관련 문헌분석을 통해 작업효율의 정의 및 작업효율에 영향을 미치는 요인을 파악하였으며, 국내 견적체계와 유사한 일본 국토교통성의 토목적산 기준(2006)에서 발표한 건설기계 작업효율과 품셈의 작업효율을 비교 검토하였다. 그 후 현장실사를 위한 조사를 작성하고, 실제 백호, 로우더, 덤프트럭의 작업을 실사하였다. 이러한 조사는 장기간의 현장 실사를 통해 자료를 수집하는 것이 자료의 신뢰성을 확보할 수 있으리라 생각한다. 그러나 현실적으로 장기간 실사를 수행하는 것은 불가능하여 시간 간격을 두고 몇 번의 현장실사를 수행하였다. 그리고 실사값의 신뢰성 검증을 위해서 백호의 경우 생산성 측정 시 활용되는 foreman delay survey 방식을 활용하여

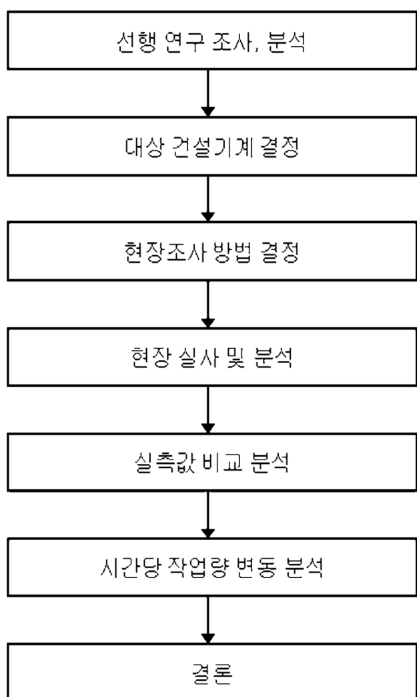


그림 1. 연구의 프로세스

백호 운전원에게 30일 동안 매일 작업 시간을 조사지에 기록하도록 하여 장기간의 작업효율 값을 계산하여 실측값과 비교하였다.

## 2. 문헌고찰

건설기계의 시공능력에 관한 기존 연구 사례는 많지 않으며 품셈에 제시된 관련 수치의 기초자료와 관련 근거도 없는 실정이다. 한국건설기술연구원(1986)은 표준품셈 개정보완 연구보고서를 통해 불도저, 굴삭기, 무한궤도 로우더, 타이어 로우더, 무한궤도 크레인, 트럭 크레인, 덤프트럭의 규격별 가격, 콘크리트 포장기계의 작업능력과 운전경비, 진동 로울러 다짐속도, 크로라 드릴의 작업능력 및 운전경비, 중기효율 체계 정비 및 보완에 관한 연구 결과를 발표하였다. 건설기술연구원의 연구는 중기효율 체계 정비 부분에서는 한국 건설공사 표준품셈과 일본 건설성 토목적산기준에 의해 백호, 불도우저, 로우더의 시간당 작업량과 이 공식에 적용되는 값들을 비교·제시하였다. 그 외 시물레이션, 시스템 다이내믹스 등 여러 가지 분석방법론 적용을 통한 장비운영 계획 수립의 효율화를 도모하는 연구가 수행되었다(김경민 외, 2007, 원서경 외, 2007). 그리고 박현용 등(2007)은 도심지 도로공사 현장을 대상으로 덤프트럭 운반속도를 산정하는 방법을 실사를 통해 제시하였다.

### 2.1 백호와 로우더의 시공능력 산정

우리나라의 굴삭기의 등록 대수는 103,675대로 총 건설기계 329,671대의 약 31.4%를 차지하고 있으며, 2006년 현재 가동률은 51.85%이다(대한건설기계협회, 2006). 백호는 기계보다 낮은 곳의 굴착에 사용되며, 도랑파기, 배수로 굴착, 관로 굴착, 구조물의 터파기, 준설작업 등에 사용된다. 그리고 로우더의 등록 대수는 15,001대로 총 건설기계의 약 4.6%를 차지하고 있으며, 2006년 현재 가동률은 39.97%이다(대한건설기계협회 2006). 로우더는 굴착 및 상차작업을 하며, 토사 운반거리가 200m 이하일 때는 별도의 운반장비를 사용하지 않고 로우더로 적입·운반한다. 백호와 로우더의 시공능력 산정식은 아래와 같이 동일하다. 그러나 사용되는 계수의 값은 다음 설명과 같이 상이하다.

$$Q = (3,600 \cdot q \cdot k \cdot f \cdot E) / cm \quad (1)$$

백호와 로우더의 시간당 작업량(Q)은 60분 동안 작업할 수 있는 작업량을 의미하는 것으로 m<sup>3</sup>/hr로 표시된다. 버킷용량(q)은 기계에 장착된 버킷의 크기에 따라 결정되고, 버킷계수(k)는 굴착하는 흙의 종류에 따라 버킷에 담을 수 있는 정도에 따라 0.55-1.1(백호), 0.55-1.2(로우더)까지 구분된다. 일반적으로 버킷계수는 굴착하는 토질과 굴착 작업의 높이 또는 깊이에 따라 상이하다. 그러나 작업현장 조건을 고려하여 기종이 선택되므로 특수한 경우를 제외하고는 굴착 작업의 깊이는 버킷계수에 영향을 주지 않는다. 그리고 사이클타임(cm)은 초(sec)로 계산하고 백호의 경우 버킷의 사이클타임은 아래의 식에 따라 결정된다.

$$cm = m \cdot l + t_1 + t_2 \quad (2)$$

무한계도식 로우더는 m값 2.0, 타이어식은 1.8을 적용한다. 그리고 l은 편도주행거리로서 8m를 표준으로 한다. 그리고 버킷에 담는데 소요되는 시간(t<sub>1</sub>)은 현장조건별(용이, 보통, 약간곤란, 곤란), 기종별(무한계도식, 타이어식), 작업방법별(산적상태, 지면굴착)로 구분하여 5초에서 45초 범위에서 표준품셈에 제시되고 있다. 또한 로우더의 사이클타임에서 고려되는 부분은 기어변화 등 기본시간과 다음 운반기계가 도착까지의 시간(t<sub>2</sub>)은 14초로 계상한다.

### 2.2 덤프트럭의 시공능력 산정

덤프트럭은 운반기계의 대표로서 운반능력이 탁월하여 건설현장에서 많이 활용되고 있다. 덤프트럭의 시공능력을 산정하는 공식은 아래와 같다.

$$Q = (60 \cdot q \cdot f \cdot E) / cm \quad (3)$$

위의 식에서 q는 흐트러진 상태의 덤프트럭 1회 적재량(m<sup>3</sup>)이고, f는 토량의 체적환산계수, E는 작업효율을 나타낸다. 트럭의 경우 작업효율은 일괄적으로 0.9를 적용하고 있다. 그리고 덤프트럭의 사이클타임(cm)은 분(min) 단위로 표시되며, 적재시간(t<sub>1</sub>), 왕복시간(t<sub>2</sub>), 적하시간(t<sub>3</sub>), 적재장소에 도착해서 적재작업 시작까지 대기시간(t<sub>4</sub>)과 적재함 덮개 설치 및 해체시간(t<sub>5</sub>)를 더한 시간을 의미한다.

### 2.3 작업효율의 정의

품셈(2006)에서 기계의 시간당 작업량은 그 기계 고유의 일정한 값이 아니고 작업현장의 제반조건에 따라 변화하는 것이므로 표준적인 작업능력에 작업현장의 여러 가지 여건에 알맞은 효율을 고려하여 산정함이 필요하며 이 작업효율은 일반적인 능력적 요소와 시간적 요소로 구분된다고 정의하였다.

$$\text{작업효율}(E) = \text{현장작업 능력계수} \times \text{실작업시간을} \quad (4)$$

식 (4)에서 현장작업 능력계수란 기계의 표준적인 작업능력에 영향을 미치는 기상, 지형, 토질, 공사규모, 시공방법, 기계의 종류, 기계 조정원의 기능도, 해상에서는 파도 및 풍향 등의 작업현장 여건을 고려한 계수를 의미한다. 그리고 실작업시간을이란 기계의 상태, 공사규모, 시공방법 등에 의하여 변화하며 아래의 식 (5)와 같이 표시한다.

$$\text{실작업시간을} = \text{실 작업시간} / \text{운전시간} \quad (5)$$

표준품셈에서 작업효율을 구하기 위해서 제시하고 있는 방법은 위와 같으나 현장작업 능력계수가 제시되어 있지 않으며 실작업시간을 계산 시 필요한 실 작업시간과 운전시간에 대한 명확한 정의가 없다. 즉, 실 작업시간과 운전시간에 포함되는 작업이나 활동에 대한 명확한 구분이 없는 상태이다.

다른 문헌에 의하면 작업효율에는 여러 가지 요소가 영향을 주고 있어 이론적 계산만으로는 적절한 계수를 찾아내기 불가능하다고 주장하였다. 작업효율에 영향을 미치는 요소는 시간요소와 작업요소로 구분된다. 작업효율의 시간요소는 실

작업시간을이며, 총 작업시간에 대비해서 기계의 순수 가동시간의 비율로 표시한다. 기계조정(소정비, 수리), 감독자의 지시를 받는 시간, 작업차레 준비대기, 조합기계 작업대기, 용변대기 등 총 경과시간 60분에 대해서 손실시간을 제외한 실제작업시간의 비율로 표시한다. 작업효율의 작업요소는 현장작업 능력계수이며, 이상적 현장조건에서 기계의 달성 능력치에 대한 실작업 시 얻어지는 기계능력의 비율이다. 작업요소는 현장의 지형, 지질, 기후, 기계의 정비 수리상태, 운전자의 숙련도와 작업의욕 등이며 작업효율을 상, 중, 하로 구분할 때 아래 표 1과 같다(권기태 2002). 작업효율과 동일하게 생산성의 측정의 경우에도 표준화된 측정 방법이나 개념이 정립되어 있지 않아서 많은 혼란을 초래하였다. 이에 생산성 측정 시 포함되는 작업시간과 포함되지 않는 작업시간을 분류하는 연구(Park 외, 2005)와 생산성의 영향요인에 관한 연구가 수행된 사례가 있다(Park, 2003). 이와 같이 건설기계의 작업효율 값 계산을 위한 합의된 공식과 이에 따른 정의가 필요하다.

표 1. 기계장비의 작업효율

작업조건	상	중	하
시간요소	0.9	0.8	0.7
작업요소	1.0	0.85	0.65
계	0.9	0.68	0.455

### 2.4 작업효율의 사례

건설기계의 작업효율 비교를 위해 우리나라 품셈의 기초를 제공하였고 시스템이 유사한 일본의 사례를 비교하였다. 건설기계 작업효율 값 비교를 위해 우리나라는 대한건설협회에서 발행하는 표준품셈(2006)을 활용하였고, 일본은 건설물가조사회에서 발행하는 건설기계 시공기술필류(2006)에 제시된 작업효율을 활용하였다.

#### 2.4.1 백호

한국과 일본의 작업효율 비교 결과, 양 국 모두 토질별로 3가지 상태와 자연 상태 및 흐트러진 상태에 대한 현장조건(양호, 보통, 불량)에 따라 6가지로 분류하여 각 14개, 15개의 작업효율값이 표 2와 표 3에 나타나있다.

현장조건인 양호상태는 자연상태의 굴삭 시 원지반이 무르고 절토작업이 최적에서 연속작업이 가능하고 작업방해가 되지 않는 등의 조건인 경우를 나타낸다. 보통상태는 원지반이 단단하더라도 절토작업이 최적인 경우 또는 원지반이 무르더라도 절토작업이 곤란한 경우 등 상기의 조건이 중간이라고 생각되는 경우를 나타낸다. 불량상태는 원지반이 단단하고 또한 연속작업이 곤란하고 작업방해가 많은 등의 조건인 경우를 나타낸다. 흐트러진 상태의 적용은 상기 자연 상태 굴삭 시의 조건 중 자연지반 상태의 조건을 제외한 기타의 조건을 감안하여 결정한다.

표 2와 표 3에 나타난 바와 같이 모래, 사질토의 작업효율은 한국이 일본보다 0.05씩 높은 것으로 나타났다. 암괴, 파쇄암의 경우는 일본은 흐트러진 상태(양호)의 작업효율을 제시하고 있으나 한국은 제시하지 않으며, 보통상태에서 일본이 한국보다 0.05 높다.

표 2. 한국 표준품셈 - 백호의 작업효율(E)

토질명	현장조건	자연상태			호트러진상태		
		양호	보통	불량	양호	보통	불량
모래, 사질토		0.85	0.70	0.55	0.90	0.75	0.60
자갈 섞인 흙, 점성토		0.75	0.60	0.45	0.80	0.65	0.50
파쇄암						0.45	0.35

표 3. 일본 건설기계 시공기술 - 백호의 작업효율(E)

토질명	현장조건	자연상태			호트러진상태		
		양호	보통	불량	양호	보통	불량
모래, 사질토		0.80	0.65	0.50	0.85	0.70	0.55
자갈 섞인 흙, 점성토		0.75	0.60	0.45	0.80	0.65	0.50
암괴, 파쇄암					0.65	0.50	0.35

2.4.2 로우더

한국과 일본의 작업효율 비교 결과, 한국의 작업효율은 토질별로 3가지 상태와 자연 상태와 호트러진 상태에 대한 현장조건(양호, 보통, 불량)에 따라 6가지로 분류하여 14개의 작업효율값이 표 4와 같이 제시되고 있다. 그러나 일본의 작업효율값은 토질별로 2가지 상태와 작업현장조건(양호, 보통, 불량)에 따라 분류하여 6개의 작업효율값이 표 5와 같이 나타나있다.

현장조건인 양호상태는 원지반이 무르고 적재형식이 덤프 트럭 이동형으로 작업방해가 없고 절삭높이가 최적(1~3m) 등의 조건이 갖추어져 있는 경우를 나타낸다. 보통상태는 적재형식은 덤프트럭 이동형에서도 작업 방해가 있는 경우 또는 덤프트럭 정치형에도 작업방해가 없는 경우 등 상기의 제조조건이 대체로 중간이라고 생각되는 경우를 나타낸다. 불

표 4. 한국 표준품셈 - 로우더의 작업효율(E)

토질명	현장조건	자연상태			호트러진상태		
		양호	보통	불량	양호	보통	불량
모래, 사질토		0.70	0.55	0.40	0.75	0.60	0.45
자갈 섞인 흙, 점성토		0.60	0.45	0.30	0.60	0.50	0.35
파쇄암						0.35	0.25

표 5. 일본 건설기계 시공기술 - 로우더의 작업효율(E)

토질명	현장조건	자연상태 및 호트러진상태		
		양호	보통	불량
모래, 사질토 역질토, 점질토		0.75	0.60	0.45
암		0.55	0.45	0.35

표 6. 건설기계 시간

작업시간	운전시간	실작업시간	공사의 주목적 달성을 위한 작업시간
		기타운전시간	시운전, 정비점검, 엔진의 공전 등
	정비시간	일상정비시간	작업전후의 정비점검, 수리, 시동 등에 필요한 시간과 고장수리를 위한 시간 등
		정기정비시간 수리시간	
휴지시간	휴식시간	작업원의 휴식, 식사등으로 중단된 시간	
	휴지시간	휴식시간이 아닌 기계의 정지, 즉, 강우, 휴일, 작업원의 대기, 배차 대기시간 등	

량상태는 원지반이 단단하여 굴삭이 곤란하고 적재형식이 펌프트럭 정치형으로 작업방해가 많고 절삭높이가 최적인 경우 등의 조건이 갖추어져 있는 경우를 나타낸다.

일본의 모래, 사질토, 역질토, 점질토의 작업효율값은 한국 모래, 사질토 (호트러진상태)의 작업효율값과 동일하며, 암의 경우는 일본이 한국보다 전반적으로 약간 높게 나타나고, 양호 상태의 값이 추가되었다.

3. 작업효율 현장 실사

백호와 로우더, 덤프트럭의 작업효율을 실측하기 전에 관련 문헌을 조사 분석하여 작업효율을 산정하는 방법과 같이 결정하였다(전인식, 1982).

$$\text{작업효율} = \frac{\text{실작업시간}}{\text{총작업시간}} \quad (6)$$

건설기계의 경우 일반적으로 총시간을 하루 8시간 기준으로 한다. 그러나 국내 현장의 경우 통상 하루 10시간 작업을 하고 있다. 건설기계 총 시간은 표 6과 같이 작업시간과 휴지시간으로 구분된다. 그 중 작업시간은 실작업시간과 기타 운전시간으로 구분되며, 정비시간은 일상정비시간, 정기정비시간, 수리시간으로 구분된다. 그리고 휴지시간은 휴식시간과 휴지시간으로 구분된다.

앞서 설명한 바와 같이 현재 품셈에서는 이에 대해 개념적인 공식만 제시하고 있어서 이를 실측하기 위한 명확한 기준이나 정의가 없는 상태이다. 이에 관련 문헌에서 활용하고 있는 위와 같은 작업효율 산정식을 사용하였다.

3.1 실사 현장 및 방법

건설기계의 작업효율 실측을 위해 앞서 설명한 바와 같이 두 가지 방법을 병행하였다. 백호의 경우 도로공사 현장을 이틀간 방문하여 오전, 오후 각 2시간씩 3대의 백호를 대상으로 작업시간을 아래 양식에 따라 실측하였다. 백호의 경우 모든 조건 별로 실측이 불가능하여 3대의 작업조건에 한정하여 조사를 수행하였다. 백호의 기계 별 현장 조건은 자연상태(자갈흙, 점성토), 호트러진 상태(자갈흙, 점성토), 호트러진 상태(파쇄암)이다. 현장 실측과 병행하여 백호 운전자에게 조사양식을 제공하고 30일간 작업 종료 후 당일의 작업시간을 구분하여 기입하도록 하였다. 이를 통해 단기간의 현장 실측값과 비교적 장기 지속적인 기간의 작업효율을 비교하였다. 로우더의 경우는 다음 표 8과 같이 3일 동안 오전, 오후 각 3시간씩 작업시간을 실측하여 작업효율을 계산하였다. 덤프트럭은 백호의 실측을 수행한 현장 1에서 작업중인 4대를 대상으로 조사하였다.

표 7. 현장실사 조사 양식

기계	운전시간		정비시간			휴지시간		총작업시간
	실작업	기타운전	일상정비	정기정비	수리	휴식	휴지	

표 8. 현장실사 현황

	현장 종류	일시	현장상태	건설기계			실측시간
				백호	로우더	덤프	
현장 1	국도건설현장	2006.7.12	자연/호트러진상태, 자갈흙, 점성토, 파쇄암	3대		4대	오전, 오후 2시간씩
		2006.7.13					
현장 2	국도건설현장	2006.8.2	호트러진 상태, 모래, 자갈		1대		오전, 오후 3시간씩
		2006.8.3					
		2006.8.4					
현장 3	택지개발현장	2006.8.1-9.3(30일)	자연/호트러진상태, 자갈흙, 점성토, 파쇄암	1대			하루 평균 10시간

3.2 백호

백호는 표8과 같이 현장 1의 현장실사와 현장 3의 백호 조정원의 기록을 토대로 작업효율을 조사, 비교하였다. 각각의 백호가 작업하는 흙의 종류와 상태를 구분하여 실측한 결과는 다음 표 9와 같다. 백호 1은 자연상태의 자갈흙과 점성토를 굴착하였으며 현장조건은 양호하였다. 백호 1을 이틀 동안 8시간 실측한 작업효율은 0.97로 나타났다. 현장에서 실제 하루 평균 작업시간인 10시간 기준으로 환산한 결과 작업효율은 0.94로 계산되었다. 10시간 환산치를 계산하기 위해서는 실측정시간에 중에 측정하지 못한 주유시간, 휴식시간, 소정비 시간 등을 고려하였다. 백호 1과 같은 조건의 작업 시 품셈과 일본의 관련 자료에서 제시하고 있는 작업효율 값은 0.75로 나타났으며, 품셈에 제시된 값보다 실사치가 높게 나타났음을 알 수 있다. 백호 2는 호트러진 상태의 자갈흙과 점성토를 작업하였으며 이틀간의 실사값은 0.92이고, 10시간 환산값은 0.94로 나타났다. 이 값 또한 품셈과 일본자료에서 제시한 0.80보다 높게 나타났다. 그리고 백호 3은 호트러진 상태의 파쇄암을 대상으로 작업을 수행하였으며, 작업효율 결과는 0.915이고 10시간 환산값은 0.945로 나타났다. 현재 품셈에는 백호가 호트러진 상태의 파쇄암을 작업할 경우의 작업효율 값을 제시하지 않고 있으며, 일본의 경우는 0.65를 제시하고 있다. 그리고 백호 조정원이 30일간 작업시간(하루 10시간 작업 기준) 기록을 근거로 계산한 작업효율은 최소 0.85에서 최대 0.98였으며, 30일 평균 작업효율 값은 0.94로 앞서 설명한 실측값과 유사함을 알 수 있다.

이와 같은 실사를 통해 건설기계 관련 기술의 개발로 인해 실제 현장에서의 작업효율은 품셈에서 제시하고 있는 작업효율보다 전반적으로 높은 수치를 보여주고 있음을 알 수 있었다. 작업효율은 시간당 작업량에 미치는 영향이 큰 요인이다. 표 9에 제시된 현장 실사를 통해 도출된 작업효율은 품셈의 작업효율보다 17.5%-45%까지 높은 것으로 나타났다. 이는 백호의 작업량과 이를 기준으로 한 비용에 직접적인 영향을 미칠 수 있다.

그리고 품셈에서는 작업조건 별로 상세히 구분하여 작업효율 값을 차별하여 제시하고 있지만, 실제 현장에서 실측한 작업효율은 작업조건 별로 큰 차이가 나타나지 않은 것으로 나타났다. 이는 백호의 성능이 개선되어 흙의 성질과 종류가 작업효율에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 유추할 수 있다.

3.3 로우더

로우더는 2006년 8월 2일부터 4일까지 3일 동안 국도 건설현장에서 오전, 오후 각 3시간씩 총 9시간 동안 작업시간을 측정하여 아래 표 10과 같이 작업효율 값을 계산하였다. 로우더는 양호한 현장조건에서 호트러진 상태의 모래와 자갈을 대상으로 작업하였다. 그 결과 실작업시간 실측값은 0.91, 10시간 환산값은 0.88로 나타났다. 이는 표준품셈에서 제시한 0.60-0.75보다 17%-47% 높은 수치이다. 이는 로우더의 작업량 산정 시 직접적으로 영향을 미치는 중요한 변화 요인이다. 이러한 작업효율의 차이는 로우더의 성능이 개선되어 일상적인 점검시간, 고장으로 인한 정비시간, 예열시간 등이 단축되어 작업효율이 높아지는 것으로 유추된다.

표 9. 백호의 작업효율 실사결과

	백호 1 자연상태, 양호 자갈흙 & 점성토			백호 2 호트러진상태, 양호 자갈흙 & 점성토			백호 3 호트러진상태, 양호 파쇄암		
	7/12	7/13	평균	7/12	7/13	평균	7/12	7/13	평균
실작업시간 실측값	0.98	0.96	0.97	0.91	0.93	0.92	0.90	0.93	0.915
10시간 환산값	0.95	0.93	0.94	0.96	0.92	0.94	0.94	0.95	0.945
한국 품셈			0.75			0.80			NA
일본 자료			0.75			0.80			0.65

표 10. 로우더의 작업효율 실사결과

	양호, 호트러진상태, 모래 & 자갈			
	8/2	8/3	8/4	평균
실작업시간 실측값	0.94	0.92	0.88	0.91
10시간 환산값	0.88	0.87	0.89	0.88
한국 품셈				0.60-0.75
일본 자료				0.75

3.4 덤프트럭

덤프트럭은 백호의 실사를 수행한 현장에서 작업중인 4대를 대상으로 이를 동안 오전, 오후 2시간씩 작업시간을 측정하고 작업효율을 계산하였다. 덤프트럭의 경우 품셈에서는 작업효율을 0.90으로 제시하고 있다. 그러나 현장실사를 통해 측정된 값은 아래 표 11과 같이 0.80으로 나타났다. 실 작업시간 실측값은 0.87이었으나, 주유시간 등 실측시간 이외에 발생하는 정기적인 비작업시간을 포함한 10시간 작업시의 작업효율 환산값은 0.80으로 계산되었다.

이는 백호와 로우더의 경우 품셈에서 제시된 작업효율 값보다 실측값이 높게 나타난 것과 반대되는 현상이다. 덤프트럭도 다른 건설기계와 마찬가지로 기계의 성능은 개선되었으나 작업효율이 낮게 나타난 것은 기계의 성능과 관계없는 대기시간으로 인한 실작업시간에서 제외되는 시간의 증가 때문일 것으로 추정된다. 본 실사현장의 경우도 백호와 로우더는 다른 기계로 인한 대기시간은 거의 없이 계속 작업이 진행되었으나, 트럭의 경우는 백호와 로우더와의 작업 조합의 부조화로 대기시간이 많은 것으로 나타났다. 즉, 기계 성능과 무관하게 작업 계획 및 관리의 부족으로 작업효율이 낮아지는 것을 알 수 있었다.

3.5 실사 결과 정리 및 한계

본 논문은 백호, 로우더, 덤프트럭을 대상으로 현장실사를 통해 현행 품셈에서 제시하고 있는 작업효율과 비교하였다. 백호와 로우더의 경우 실측값이 품셈에서 제시한 값보다 높게 나왔으나, 덤프트럭의 경우는 낮은 것으로 나타났다. 앞서 언급한 바와 같이 현재 품셈에 제시된 작업효율에 대한 산출식에 대한 명확한 정의와 관련 기초 자료가 없는 상태이다. 따라서 본 연구는 기존의 문헌과 연구사례를 조사하여 작업효율 계산식을 결정하였고, 계산식에 포함되는 작업시간의 분류도 기존 문헌을 준용하였다. 따라서 실측값과 품셈의 작업효율의 차이는 작업효율을 산출하는 방법이 상이하여 나타났다 가능성을 있다. 그리고 본 연구는 한정된 현장과 기간에 실사를 수행하였으므로 단기간 실사의 오차를 검증하고자 백호의 경우 30일간의 기록과 비교하여 그 차이가 거

의 없음을 확인하였으나 이에 따른 오차가 있을 수도 있다.

4. 결 론

건설기계의 시공능력은 건설공사의 작업 계획 및 시공법 결정에 중요한 요인이다. 그러나 현재 국내 공공공사에 적용되는 시공능력 산정식과 이와 관련된 계수에 대한 연구는 미흡한 상태이다. 따라서 본 연구는 토공 장비 중 현장에서 많이 활용되고 있는 백호, 로우더와 덤프트럭을 대상으로 현행 품셈에서 제시하고 있는 작업효율에 대한 개념 분석과 현장 조사를 실시하였다. 그러나 현재 사용하고 있는 작업효율의 경우 계산방법과 정의가 명확하지 않고 제시된 작업효율이 도출된 기초자료도 없는 상태이다. 본 연구 결과 백호와 로우더는 현재 활용중인 작업효율보다 현장 실사를 통해 도출된 작업효율이 다소 높게 나타났다. 그러나 덤프트럭의 경우는 실사를 통한 작업효율이 낮게 나타났다. 본 연구의 결과를 토대로 품셈에 제시된 건설기계 시공능력 산정식과 이에 따른 여러 계수에 대한 명확한 정의와 계산 방법의 정립이 필요하다. 그리고 이러한 값의 지속적인 개정·보완을 위해 장기·지속적인 자료 수집 및 분석이 요구된다.

참고문헌

권기태(2002) **건설기계와 시공**. 동명사.  
 김경민, 서형범, 황호정, 김경주(2007) 터널 버력처리 공정의 시물레이션 적용성에 관한 연구. **한국건설관리학회논문집**, 한국건설관리학회, 제8권, 제1호, pp. 141-149.  
 대한건설기계협회(2006) <http://www.kcea.or.kr>.  
 대한건설협회(2006) **건설공사 표준품셈**. 대한건설협회.  
 박현용, 태용호, 우성권(2007) 운반작업의 영향요소분석을 통한 덤프트럭의 운반속도 산정방법에 관한 연구. **한국건설관리학회논문집**, 한국건설관리학회, 제8권, 제3호, pp. 97-105.  
 원서경, 김선국, 한충희(2007) 시스템 다이내믹스를 활용한 토공장비의 조합 모형 연구. **한국건설관리학회논문집**, 한국건설관리학회, 제8권, 제2호, pp. 194-202.  
 전인식(1982) **건설기계화시공**. 건설연구사.  
 한국건설기술연구원(1986) '87 **표준품셈 개정보완 연구보고서(기계분야)**. 연구보고서, 건기연 86-M-1, 한국건설기술연구원.  
 建設物價調査會(2006) **建設機械 施工技術必携**, 建設物價調査會.  
 建設物價調査會(2006) **國土交通省 土木工事 積算基準**, 建設物價調査會.  
 Park, H.S. (2003) Concrete productivity measurement for benchmarking. *KSCE Journal of Civil Engineering*, KSCE, Vol. 7, No. 3, pp. 217-223.  
 Park, H.S., Thomas, S.R., and Tucker, R.L. (2005) Benchmarking of construction productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 131, No. 7, pp. 772-778.

(접수일: 2006.12.28/심사일: 2007.4.4/심사완료일: 2007.10.2)

표 11. 덤프트럭의 작업효율 실사결과

	트럭 1		트럭 2		트럭 3		트럭 4	평균
	7/12	7/13	7/12	7/13	7/12	7/13	7/13	
실측값	0.99	0.82	0.94	0.85	0.91	0.77	0.79	0.87
10시간 환산값	0.92	0.75	0.87	0.78	0.84	0.70	0.72	0.80