KJCEM 14. 3. 134~145
MAY 31. 2013

www.kicem.or.kr (pISSN 2005-6095)
http://dx.doi.org/10.6106/kJCEM.2013.14.3.134

다(多)공구 도로 건설 현장의 장비 공유시스템 구축을 통한 생산성 향상에 관한 연구

Improving Road Construction Productivity by Developing a Programmatic Resource Distribution System for Equipment Sharing in Multi-sectioned Road Construction Projects

구 본 상*
Koo, Bonsang

Abstract

Road construction projects are parcelled into sub-sections which are then tendered to individual contractors for construction. The type of work and equipments used are similar for each sub-section. However, such equipment are not shared on a regular basis among the contractors and only partially performed in an informal and ad hoc manner. Consequently, road construction equipment suffer from low utilization and increased leasing costs. Lean construction and Program Management approaches stress the importance of collaboration among individual participants in a way that increases the collective cost savings of the entire project. This research attempts to apply such theories with the notion that under utilization of expensive equipment can be improved by formalizing a way to enable the sharing of equipment in large, public sponsored, multi-sectioned road construction projects. A system was developed consisting of a set of criteria and processes that enables automatic allocation of equipment to multiple sites on daily basis, in a way that minimizes equipment costs and improves their individual utility. The system was then applied in allocating three different types of equipment to an actual road construction project with four sub-sections for three months. A new metric, nDPR showed that utilization improved for all equipment and also equipment related costs were decreased by 4.45%. Results also showed that increased shared opportunities of equipment correspond to an increase in utilization and cost savings.

Keywords : *Multi-section Road Construction, Equipment productivity, Lean Construction, Program Management, Equipment Sharing System*

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

도로건설사업은 막대한 장비와 자본이 투입되며 다수의 사업주체들이 참여하는 토목분야의 대표적 복합공종사업이다. 국내 대형 도로건설사업의 경우 공공발주자가 사업총괄관리를 맡으며 사업을 공구별로 나누어 원도급자인 개별 시공사에게 공사를 맡기게 된다. 이처럼 분담이행방식으로 발주가 된 사업에서 시공사들은 각각의 공구를 맡아 개별 공구에만 집중하면서 단독적으로 일을 하게 된다. 이는 각각의 책임소재를 명확히 하고 대형사업의 리스크를 다수의 참여자에게 분산하는 효과가 있으며 동시에 상호 경쟁을 촉진시키는 요인도 될 수 있다. 반면에 이렇게 시공할 경우 시공사간 단절된 형태로 일을 수행하게 되어 상호 조율을 통한 시너지 효과를 잃을 수 있다.

최근에는 기존의 건설 발주 방식에서 발생하는 문제점에 대

* 종신회원, 서울과학기술대학교 건설시스템디자인공학과 조교수, 공학박사, bonsang@seoultech.ac.kr

한 보완책으로서 린 건설(Lean Construction)의 Relational Contracting 방식(Ballard and Howell 2005), Integrated Project Delilvery(IPD) 방식(Kent and Becerik-Gerber 2010) 및 Program Management(PMI 2008)등과 같은 새로운 형태의 협업모델들이 등장하였다. 이들의 공통점은 사업 참여자들 간의 대립적이고 격리된 사업운영을 지양하고 전체 사업 차원에서 정보 및 장비의 공유 및 협업을 통한 생산성 증대를 모색하는 것이다.

도로건설 사업 역시 이런 새로운 발주 방식과 협업모델의 전환으로 생산성을 높일 수 있는 개연성이 높다. 도로건설 사업은 특징상 각 공구마다 수행하는 작업이 비슷하고 공구들이 선형으로 인접해 있어 공구 간 장비나 정보 등에 공유가 용이하다.

특히 본 연구에서는 다공구 도로현장에서 쓰이는 장비들의 공유 방법을 모색하는데 집중하였다. 다공구 사업에서 사용되는 장비는 대부분 유사한 반면, 각 공구에서 장비들의 개별 가동률은 높지 않기 때문에, 공구 간 고가장비들이 공유될 경우, 장비의 생산성 및 비용의 절감효과를 얻을 수 있다.

실제로 본 연구에서 조사한 도로 사업 현장에서는 공구 간 장비의 공유가 부분적으로 발생하고 있었다. 즉, 인접 공구들 간 장기간 유휴 장비가 발생할 경우 자연스럽게 장비를 대여하는 경우를 볼 수 있었다. 그러나 이러한 공유는 비공식적이며 전체 공구 차원에서 이뤄지지는 않고 있었다.

다공구 현장 전체에 걸친 장비의 공유를 위해서는 시스템적인 접근이 필요하다. 즉, 각 시공사는 각자의 장비 수급상황을 공개하고 발주자는 이를 토대로 하여 프로그램 매니저(Program Manager)로서 공구 간 배분을 해줄 수 있어야 한다. 특히, 수급균형을 맞춰주기 위해서는 장비를 어느 공구끼리 공유할 것인지 결정해줘야 하며, 이를 위해서는 임대비용 및 이동 비용 등도 함께 고려되어야 한다.

그러므로 본 연구에서는 다 공구 도로 건설 현장이 주어진 경우 전체 사업 차원에서 장비들을 공유할 수 있는 기준 및 일련의 프로세스를 정립하고 이를 기반으로 한 장비공유시스템을 구축하였다. 본 시스템은 개별 공구의 장비 수급현황 및 필요한 장비들이 주어졌을 때, 장비가 남는 공구들과 이를 필요로 하는 공구들 간에 수급균형 및 최소 비용 측면 등의 정립된 기준들을 적용하여 장비를 자동적으로 배분해 준다. 이러한 배분은 일일단위로 진행되며 실제 현장에서 세우는 구체적인 장비계획일정을 고려하여 3주에서 1개월 단위로 분석이 가능하고, 본 시스템은 이 기간 동안 공구들 간에 최적의 배분을 통해 수급불균형을 줄여 전체 사업 차원의 최소 장비 비용을 산정해 준다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 목적을 달성하기 위해 〈그림 1〉에서와 같은 방법으로 연구를 진행하였다.

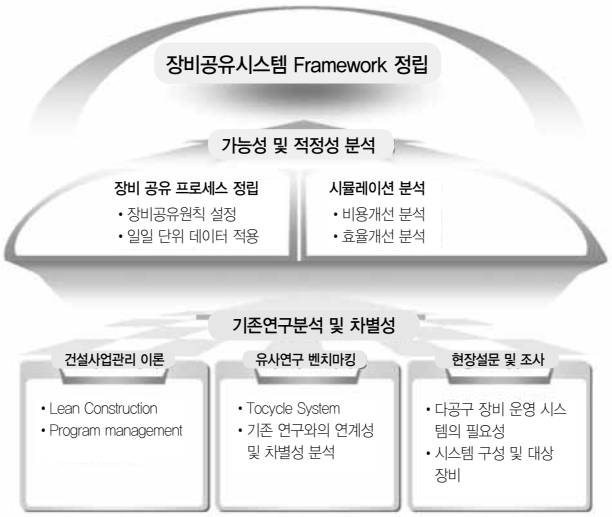

그림 1. 연구진행흐름도

첫째, 이론적 고찰을 통해 최근 건설사업관리 이론들에서 제시하는 협업 모델 및 방식들에 대한 숙지를 통해 연구의 이론적 근거를 제시하고 기존 연구와의 연계성 및 차별성을 정리하였다. 또한 국내에서 다수 사업 간 자원의 공유를 통한 효율증대의 좋은 사례인 토사이클(TOCYCLE 시스템)의 구성요소 및 운영 방식을 숙지하여 본 시스템을 벤치마킹하는데 활용하였다. 이에 따라, 다 공구 도로 건설 사업의 특성을 파악하여 상기 이론들에서 제시하는 공유의 가능성 및 적정성 분석을 실시하였다.

둘째, 한국도로공사(주)의 현장 감독원들을 대상으로 설문조사를 실시하여, 다공구 장비 운영 시스템의 필요성과 구성 및 대상 장비들에 대하여 조사하였다.

셋째, 다공구 도로건설 현장에서 장비를 공유할 경우, 이를 비용 측면에서 최소화할 수 있는 방법을 정립하고 시스템화할 수 있는 방안을 정립하기 위해, 공유의 기준들을 정하고 이를 일일단위데이터를 전제로 운영할 수 있는 프로세스를 정립하였다.

즉, 다공구 사업에서는 특정 장비에 대해 다수의 부족한 공구와 다수의 잉여공구가 존재할 수 있으며, 본 연구에서는 각각 1개의 잉여공구와 부족공구끼리 특정 장비를 공유하는 것으로 설정하였고, 이들 두 공구의 선정을'매칭'(matching)이라고 명명하였다. 매칭의 판단기준은 비용 측면에서 평가하였으며 이를 위해서는 장비 공유를 통한 임대료의 절감액과 장비의 이

동을 통해 발생하는 추가비용에 대한 비교 분석을 할 수 있게 해줘야 한다.

상기 기준들을 다공구 현장의 장비 수급 현황 데이터에 적용하여, 일일단위로 공구 간 매칭해줘서, 건설 진행과 동시에 지속적인 공유를 자동적으로 맞춰주는 절차의 정의가 요구된다.

마지막으로 개발된 시스템을 실제 케이스인 한국도로공사(주)의 삼척-동해 4공구에 3개월 동안 3개의 장비를 대상으로 시뮬레이션을 수행하여 As-Is/To-be 분석을 통하여 비용 및 효율 측면에서 개선 정도를 정량적으로 도출하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 린 건설(Lean Construction) 및 프로그램 매니지먼트(Programme Management)

본 연구는 린 건설과 프로그램 매니지먼트 이론에 근간을 두고 있다.

린 건설에서는 사업 참여자들의 작업 간 유기적 연동 작업을 중시한다. 즉, 선 후행 작업 간 대기나 재작업 없이 연속흐름을 이루기 위해서는 후행작업이 필요로 하는 자원을 제때에 제공해 줘야 한다고 한다(Ballard 1994).

그러나 일반 건설현장에서는 연동 작업이 거의 이뤄지지 않고 사업 참여자들은 각각 칸막이 식으로 지엽적인 운영을 하는 경우가 많다. 더불어 각자의 성과, 즉 기성을 맞추는 데에 급급해 전체사업은 자연스럽게 지연되기 마련이다(Kim and Ballard 2000).

린 건설에서는 이런 문제점을 극복하기 위한 일환으로 "Relational Contracting"의 필요성을 역설한다. Relational Contracting은 복잡하고, 빠르며, 어려운 (Complex, difficult, quick) 사업에서 계약에 명시된 단절된 조항보다도 사업주체들 간의 상호 신뢰와 파트너십 형성을 더욱 강조하는 계약을 통한 협업모델을 제시하고 있다(Ballard and Howell 2005).

이와 유사하게 Integrated Product Delivery(IPD) 방식에서는 사업 초기 기획단계에서 사업주체들(설계사, 원-하도급자, 납품업자 등)이 모여 프로젝트의 목표를 공유하고 비용 절감 방법에 대한 아이디어를 모색하여 이를 계약에 반영한다(송설민 2011, Kent and Becerik-Gerber 2010).

이런 협업모델과 더불어 PMI(2008)에서는 발주자 내지 원도급자가 프로그램 매니저(Program Manager)로서 개별 단위 사업에서 제어할 수 없는 전체사업차원의 협업관계를 역설하고 있다. 프로그램 매니지먼트의 목적 중에는 다수 프로젝트에 투입된 자원의 우선순위와 조율을 통해 운영의 효과를 극대화시키는 것에 있다(Kini 2000, Nokes 2008).

이처럼 새로운 협업 모델들의 등장이 많아지고 있지만 현재 관련 연구 및 적용사례들은 대부분 건축사업에 집중되어 있다. 이런 측면에서 본 연구는 도로건설사업에 적용을 했다는 관점에서 연구의 차별성을 찾을 수 있다.

2.2 토석정보시스템(토사이클)

국내에서 프로그램 매니지먼트를 통해 비용을 절감한 좋은 사례로는 토석정보공유시스템(TOCYCLE, 이하 토사이클)을 들 수 있다(고지훈 2008). 토사이클은 토목현장에서 발생하는 토석자원정보를 등록하여 이용자 간에 공유를 할 수 있도록 하기 위해 국토해양부에서 운영하고 있는 시스템이다.(<그림 2>).

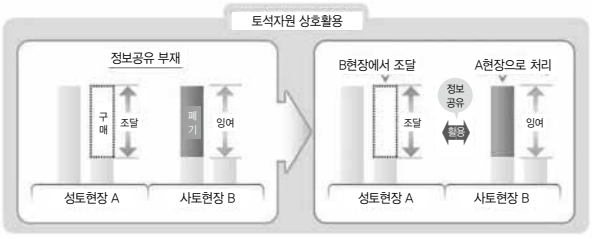

그림 2. 토사이클 시스템 자료출처(http://www.tocycle.com/)

토사이클은 토석자원공유를 통한 비용적이득과 함께 원스톱 오픈마켓 서비스를 통해서 업무의 저감 효과까지 얻을 수 있다. 토사이클의 세 가지 주요한 기능인 1) 현황통계기능, 2) 맞춤형 정보제공기능 3) 자원의 매칭기능을 통해 서비스 이용자는 한 번의 시스템 접속으로 자원의 등록부터 판매 및 구매를 한 번에 이용할 수 있다.

최근 연구결과 토사이클의 효과는 토공사비의 5%이상 절감과 토석처리를 위한 행정소요기간의 단축(최소 1/5), 소요인원의 감축효과(약 1/20)가 있을 것으로 추정하였으며 이는 연간 5000억 원으로 추정되는 국가 예산의 낭비와 환경파괴 등의 2차 피해를 매우 효과적으로 줄이는 것으로 분석되었다(고지훈 2008).

2.3 다공구 도로 건설 사업에 장비 공유 시스템의 적용성 분석

도로건설 사업은 상기 언급된 린 건설 및 프로그램 매니지먼트 이론들을 도입하기에 적정한 조건들을 갖추고 있다.

우선 기존의 발주 형태가 분리발주이기에, 현재는 여러 공구들이 단독적으로 운영되고 있는 실정이다. 그러나, 각 공구에서 일어나는 프로세스나 활용 장비은 비슷하므로, 상호 정보

및 장비 교환을 통한 시너지 효과를 보기에 적정하다. 더불어, 국내 발주 도로사업은 한국도로공사(주)와 같은 대형 공공발주자가 주관하므로, 프로그램 매니지먼트를 할 수 있는 기회와 역량이 있다.

특히, 본 연구의 대상인 장비들 역시 전체 사업차원에서 공유를 통해 비용 절감을 기대해 볼 수 있다. 도로시공 관련 장비들이 고가인 반면 그 가동률이 낮다는 점, 각 공구마다 필요로 하는 장비가 유사하다는 점, 도시보다는 도외지역에서 공사가 진행되므로 장비를 이동시키기 용이하다는 점 등을 볼 때, 공유가 가능할 뿐 아니라 공유 시 그 임팩트가 클 것으로 추정해 볼 수 있다(〈표 1〉).

표 1. 다(多)공구 도로건설사업의 특징

구분	다(多)공구 도로건설사업의 특징
발주형태	공구 별 분리발주
공구운영	각 시공사에 의한 단독 운영
사용장비	공구 간 유사하게 활용되는 장비를 보유
프로세스	공구 간 유사한 프로세스로 운영
장비이동	특성상 도외지역의 공사가 많아 장비 이동이 용이
발주자	한국도로공사(주) 등 대형 공공발주기관

또한 토사이클과 본 연구에서 제안하는 장비공유시스템을 비교할 경우 여러 가지 공통점을 찾아 볼 수 있다. 〈표 2〉에서와 같이 다수의 사업별로 자원을 공유한다는 점, 그리고 사업의 현 수급현황을 공개하고 이를 토대로 필요한 자원과 남는 자원 간 매칭을 해주는 점이 유사한 것을 볼 수 있다.

표 2. 토사이클과 장비공유시스템의 비교표

구분	Tocycle	장비공유시스템
공유현장의 수	전국의 다수의 사업현장	프로젝트 내의 다수의 사업현장
운영방식	오픈 마켓 시스템을 통한 옥션방식	중앙관리시스템에 의한 최적운영방식
운영 범위	시스템에 참여 가능한 전국의 모든 현장	대형 발주자의 다 공구 사업 현장에 국한

다만, 토사이클 시스템은 옥션 형태로 되어 있어, 사업 참여자들이 직접 필요한 것을 입력을 하고, 전국 현장을 대상으로 운영되는 반면, 본 연구에서 제안하는 시스템은 한국도로공사(주)와 같은 대형 발주자의 다공구 사업에 범위를 국한하였다. 또한 토사이클은 온라인에서 오픈 마켓 형식으로 운영이 되는 반면, 본 시스템은 세부 기준들을 통해서 중앙에서 자동적으로 매칭을 해주는 차이점이 있다.

토석자원의 공유를 통한 토사이클의 개선효과는 토공사비의 5%이상 비용절감 외에도 토석처리를 위해 소요되는 기간 및 인원의 절감효과가 예상된다(고지훈 2008). 따라서 장비공유시스템 또한 장비운영 개선을 통한 비용개선과 함께 업무저감 효과도 얻을 수 있을 것으로 예상되며 본 연구에서는 비용개선의 정략적 정도를 분석해 보았다.

3. 설문조사

3.1 설문조사 개요

이론고찰에서 도출된 내용을 검증하고 현장의 운영 실태를 분석하기 위하여 한국도로공사(주)의 사업을 관리 · 감독하는 도로시공전문가들 64명을 대상으로 2011년 4월에 설문조사를 실시하였다. 이중 회수된 15개(회수율:23%) 설문지의 응답자들 경력은 15-20년의 경력자로 분포되어 있었으며, 현장 감독 이외에 품질, 감리, 설계의 감독이 포함되어 있어 도로건설사업 현장 내 전문가들의 의견을 수렴할 수 있었다.

설문은 세 가지 항목으로 분류하였다. 첫 번째로 단일시공사가 다수의 인접 공구 시공 할 경우에 대한 설문, 두 번째로 현장에서 발생하는 비 활용장비의 대처에 대한 설문, 그리고 마지막으로 장비 공유의 장점과 필요성에 대해 설문하였다.

3.2 설문결과

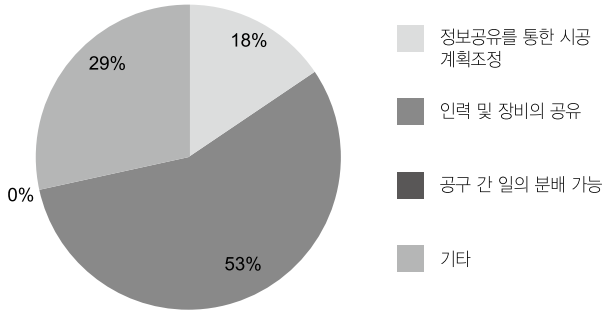

그림 3. 단일 시공사의 효율이 높은 이유

현장전문가들은 단일 시공사가 다수의 인접 공구를 시공하는 게 효율이 높다고 인식하고 있었다. 그 이유로는 〈그림 3〉에서와 같이 인력 및 장비를 공유할 수 있으며 정보 공유를 통한 시공계획의 조정이 가능하기 때문이라고 하였다. 즉, 현장전문가들은 본 연구의 목적인 인력 및 장비의 공유를 통해 운영 효율의 개선이 가능할 것이라고 인식하고 있는 것으로 분석된다.

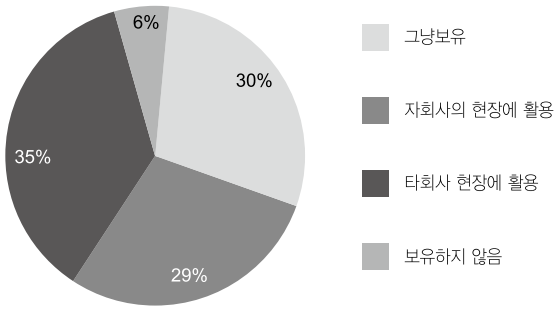

그림 4. 비 활용장비의 활용방법

비활용 장비의 활용방법에 대한 설문에서는 〈그림 4〉와 같이 실제 상당량의 장비가 그냥 방치되지만 부분적으로 자회사 및 다른 회사의 현장으로 장비의 공유가 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 현장에서는 불규칙하게 발생하는 장비의 활용을 위한 방안으로 비체계적으로 나마 다른 공구에 활용하고 있는 것을 알 수 있다.

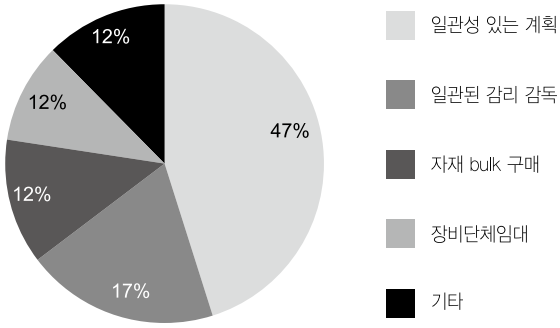

그림 5. 장비 공유의 장점

〈그림 5〉의 장비공유의 장점으로 공구 간 일관성 있는 계획 및 일관된 감리감독이 가능할 것이라는 답변을 통해 현장 감독관들은 공사의 관리에 비용보다 스케줄을 더 중요시 하는 것을 알 수 있다.

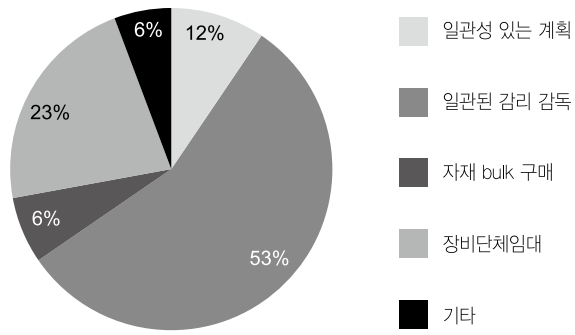

그림 6. 장비 공유시스템의 필요성

현장 감독관들은 〈그림 6〉처럼 "토사이클"과 같은 공구 간 장비공유시스템의 필요성에 대해서도 65%이상이 긍정적이라고 답하였다.

이상 설문결과에서 보듯이 현장에서 장비가 부분적으로 인접 공구 간 공유되고 있는 것을 알 수 있었으며, 이를 보다 체계적으로 관리할 경우 장비의 효율 및 비용절감의 효과를 기대할 수 있을 것으로 파악되었다.

4. 다 공구 도로건설 사업 장비공유시스템 개요 및 적용 예시

4.1. 장비 공유시스템 개요

정립한 장비공유시스템의 프로세스는 〈그림 7〉에 제시되었다. 그림에서 제시된 바와 같이 다음 3개의 세부단계로 나눠진다.

1) 1단계 : 장비 수급 현황 파악

다공구 현장의 장비 공유를 위해서는 우선 특정 일자에 각 공구가 보유하고 있는 장비량과 당일 필요로 하고 있는 장비량에 대한 정보가 필요하며 이를 토대로 각 공구별로 특정 장비에 대해 남거나 부족한 정도를 일일 단위로 파악할 수 있다. 이 정보는 각 공구의 일일작업계획서로부터 구할 수 있다.

2) 2단계 : 장비 배분 기준 설정

두 번째 단계에서는 특정 장비가 남는 공구에서 그 장비가 부족한 공구들 중 어느 공구로 보내는 것이 가장 효율적인지 그 우선순위를 정해줘야 한다.

이때 다수의 남는 공구가 존재하는 동시에 역시 다수의 부족한 공구가 존재하기 때문에 이들의 매칭(matching)이 가능한 모든 조합을 고려하고 그 중에서 가장 최적화된 솔루션을 구해줘야 한다. 그러나, 공구 수 및 장비의 수가 늘어날 경우, 경우의 수가 기하급수적으로 늘어나 다루기 힘들어 질수 있으며 (analytically intractable), 최적화 알고리즘을 적용할 경우 사용자들에게 'black box'가 될 수 있다.

본 연구의 목적은 이처럼 최적화된 솔루션보다는 기존에 일부 실행되고 있었던 공유의 관행을 체계화하는 데에 그 목적이 있다. 그러므로 본 연구에서는 가장 효율을 높일 수 있는 'heurstic rule'들을 정의하고 그 우선순위를 공유의 기준으로 삼았다.

그 결과 〈표 3〉과 〈그림 7〉에서와 같이, 1개 남는 공구가 다수의 부족한 공구에 장비를 공유할 경우 그 우선순위에 대해 4개의 기준을 정의하였다. 첫 번째 최단거리 기준은 가장 가까운 공구에 주는 기준이며, 두 번째 연속성 기준은 전일에 준 공구가 명일에도 그 장비가 필요하면 역시 우선순위를 줘서 연속성 있게 일을 할 수 있게 하는 기준이다. 세 번째 빈도기준은

공구 간 공유이력을 통해 공유가 자주 일어난 공구와 매칭 시키는 기준이다. 네 번째 일대일 기준은 공유 시 한 공구와 다른 한 공구가 일대일로 장비를 공유하여 시스템의 불필요한 혼잡을 줄이는 기준이다.

상기 기준들은 궁극적으로 장비들의 이동으로 인한 비용을 최소화하기 위해 순차적으로 적용한 것이다. 즉, 우선 동선을 최소화하고(최단거리 기준), 불필요한 이동을 제제하고(연속성 기준), 기존의 성립된 매칭을 유지할 수 있게 한 것이다 (빈도 기준 및 일대일 기준).

표 3. 장비공유(Matching)기준

공유 기준	세부내용
2 단계: 장비 배분 기준	① 가까운 공구간의 공유를 우선으로 한다. ② 공유의 연속성이 큰 곳을 우선한다. ③ 공유빈도가 잦은 곳을 우선시한다. ④ 공구 간 일대일 공유를 원칙으로 한다.
3-1 단계: 장비비용절감 산정 기준	① 공유 실시 전의 비용에서 계획량은 장기 임대, 부족분의 조달은 단기 임대로 한다. ② 공유가 성립 됐을 경우, 단기임대 비용이 아닌 장기 임대비용을 사용한다. ③ 계획량은 실제 한 달간 이용량의 평균값을 사용한다.
3-2 단계: 이동 비용 증가 산정 기준	① 장비 이동비용은 공유대수 x 왕복(2) x 기름사용량(거리/연비) x L당 기름값을 사용한다. ② 장비의 운송비는 대략적인 기본 운송비 15만원을 일률적으로 적용한다.

4.1.3 3단계: 비용 산정 및 비교

① 3-1 단계: 장비 비용 절감 산정 기준

세 번째 단계에서는 두 공구 간 매칭(matching)이 이뤄질 경우, 장비공유에 따른 절감 비용을 산정하는 기준이다. 만약, 공유를 안 하고 장비가 부족하다면 이는 단기로 임대를 하는 것으로 설정하였는데, 이는 장비 수급균형을 맞추기 위한 일반 해결책이다. 그러나, 공유를 할 경우에는 따로 임대를 할 필요가 없어 이에 따른 비용은 원래 보유하고 있는 장비의 장기임대로 산정할 수 있다. 단기임대는 장기임대보다 더 비싸기 때문에, 공유를 할 경우 그 차익 만큼 비용의 절감이 생기는 것이다.

② 3-2 단계: 이동 비용 증가 산정 기준

공유를 하면 장비의 이동에 따른 추가 비용이 발생하게 되며 이는 〈표 3〉에서와 같이 실제 이동거리, 특정 장비의 연비 및 연료비용을 통해 산정한다.

③ 3-3 단계: 공유 성립 판별

마지막 단계에서는 장비 비용 절감액과 이동 비용 증가액을 비교하여 비용의 절감이 될 경우에만 두 공구 간 공유가 성립된다.

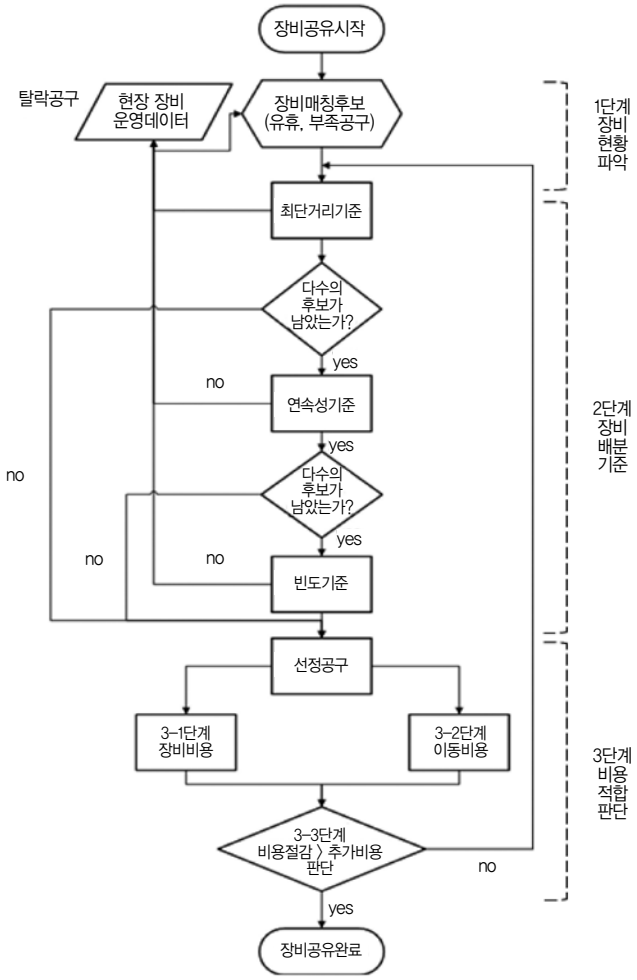

그림 7. 장비공유 프로세스 흐름도

4.2 장비 공유시스템 적용 예시

정립된 장비공유시스템의 이해를 돕기 위해 예시를 통해 프로세스의 진행을 설명한다. 4개의 공구가 덤프트럭을 공유를 한다고 가정하며, 공구간 거리는 3.75km(사업구간 총 길이 15km 가정, 4개 공구의 균등거리)로 가정하였다. 각 단계는 〈그림 7〉의 전체 흐름도와 같이 3단계로 구분하였다.

1) 1, 2단계: 장비 수급현황 및 공유기준 결정

〈그림 8〉에서는 4개의 공구가 공유를 하는 경우를 보여주며, 작업일지 데이터를 통해 각 공구마다 덤프트럭에 대해 필요한 대수(Actual)와 보유하고 있는 대수(Plan)를 일일단위로 나열한 것이다. 이를 통해 각 일자에 덤프트럭이 부족한 공구(-)와 남는 공구(+)를 구분해 줄 수 있다.

	부족
	잉여
	공유발생

date			23일	24일	25일	26일	27일
As-Is	1공구	Actual	7	8	8	6	6
		Plan	6	6	6	6	6
	+: 남는다	Delta		-2	-2	0	0
	2공구	Actual	0	0	0	0	0
		Plan	1	1	1	1	1
	+: 남는다	Delta		1	1	1	1
	3공구	Actual	7	7	0	0	0
		Plan	5	5	5	5	5
	+: 남는다	Delta	-2	-2	5	5	5
	4공구	Actual	5	5	0	0	0
		Plan	3	3	3	3	3
	+: 남는다	Delta	-2	-2	3	3	3

현황	1. 24일 2공구 잉여 장비 발생 2. 24일 1, 3, 4 공구 부족 장비 발생 3. 1, 2 공구 23일 공유 발생
잉여 공구	부족 공구, 공유 후보
2 공구	1, 3, 4 공구

그림 8. 장비 공유기준 예시 1

〈그림 8〉에서 보듯이, 2공구는 1개의 잉여장비가 발생하였고, 1, 3, 4공구에서는 그 장비가 부족해 공구 간 공유가 가능하다.

date			23일	24일	25일	26일	27일
As-Is	1공구	Actual	7	8	8	6	6
		Plan	6	6	6	6	6
	+: 남는다	Delta		-2	-2	0	0
	2공구	Actual	0	0	0	0	0
		Plan	1	1	1	1	1
	+: 남는다	Delta		1	1	1	1
	3공구	Actual	7	7	0	0	0
		Plan	5	5	5	5	5
	+: 남는다	Delta	-2	-2	5	5	5
	4공구	Actual	5	5	0	0	0
		Plan	3	3	3	3	3
	+: 남는다	Delta	-2	-2	3	3	3

기준	2 – ① 최단거리 기준: 가까운 공구간의 공유를 우선으로 한다.
잉여 공구	부족 공구, 공유 후보
2 공구	1, 3 공구 (4공구 탈락)

그림 9. 장비 공유기준 예시 2

덤프트럭의 공유를 위해 장비공유 기준을 순서대로 적용 한다. 〈그림 9〉의 경우 '최단거리' 기준(2 –)에 의해 4공구는 거리가 가장 멀어 공유 후보에서 탈락한다.

date			23일	24일	25일	26일	27일
As-Is	1공구	Actual	7	8	8	6	6
		Plan	6	6	6	6	6
	+: 남는다	Delta		-2	-2	0	0
	2공구	Actual	0	0	0	0	0
		Plan	1	1	1	1	1
	+: 남는다	Delta		1	1	1	1
	3공구	Actual	7	7	0	0	0
		Plan	5	5	5	5	5
	+: 남는다	Delta	-2	-2	5	5	5
	4공구	Actual	5	5	0	0	0
		Plan	3	3	3	3	3
	+: 남는다	Delta	-2	-2	3	3	3

기준	2 – ② 연속성 기준: 공유의 연속성이 큰 곳을 우선한다.
잉여 공구	부족 공구, 공유 후보
2 공구	1 공구 선택 (3공구 탈락)

그림 10. 장비 공유기준 예시 3

〈그림 10〉는 장비배분 '연속성' 기준(2 –)을 적용해 최종적으로 1공구가 선정되는 것을 보여준다. 즉, 1공구와 2공구는 전일(23일)에도 동일 장비에 대해 공유를 하였는데 이처럼 한 번 빌린 장비를 지속적으로 사용할 수 있게 해 줄 수 있는 것이 '연속성'기준이다.

이 경우, 연속성 기준으로 단일 공구가 선정이 됐지만, 다수의 공구가 후보로 남는 경우에는 '빈도'기준(2-3), 및 '일대일'기준(2-4)를 추가적으로 적용하여 단일 공구의 선정이 가능해 진다.

2) 3-1단계: 장비 비용 절감 산정 기준

장비배분의 과정을 거치면 다음은 비용 분석을 통해 비용의 변동을 분석하게 된다.

〈표 4〉는 예시에서 덤프트럭에 대해 공유 전후의 비용 절감액을 산정한 결과를 보여주고 있으며 여기서 사용된 구체적인 장기 및 단기임대료는 각각 40, 60 만원이다.

〈표 4〉에서 보듯이, 공유 전에는 1공구가 부족한 장비를 단기임대 해야 하기에 6대의 덤프트럭은 장기임대로, 2대는 단기임대로 산출되었다(6대 * 40만원+2대 * 60만원=360만원). 그러나 공유 후 1대의 덤프트럭은 2공구로부터 대여 받아 장기임대로 산출되기에 20만원이 절감되는 것을 알 수 있다.

표 4. 장비 비용 산정 예시

	공유 전				공유 후		
	사용량	계획량	남는 량	비용	변화량	비용	절감액
1공구	8	6	-2	360	-1	340	20
2공구	0	1	1	40	0	0	0
3공구	7	5	-2	320	0	320	0
4공구	5	3	-2	240	0	240	0

※단위: 비용(만원), 수량(대)
※덤프트럭 입대비용 – 장기임대: 40만원 – 단기임대: 60만원

3) 3-2단계: 이동 비용 증가 산정 기준

장비별 이동 비용 산정의 근거는 〈표 5〉에서와 같이 자체 운송 가능 여부, 장비의 연비 및 리터당 기름가격을 반영하여 장비별 평균 연비와 각종 장비 연합회 및 협회 자료를 참조하여 정리하였다. 실제 이동 비용은 〈표 3〉의 3-2 단계에 정리된 대로 "공유대수 x 왕복(2) x 기름사용량(거리/연비) x L당 기름값"을 사용한다.

예시에서는 1공구와 2공구의 공유를 통해 1대의 덤프 트럭이 공유 되었고 이때 거리를 3.5km라고 가정했을 때 이동비용은 0.6만원 (1대 * 2회 * 3.75km * (2.5km/1L) * 2000원/L=0.6만원)이 발생된다.

표 5. 장비 이동비용 산정 기준

장비	자체운송여부	기름사용량 (연비km/l)	L당 기름가격	이동비용
덤프트럭	Y	4.5	0.2만원	0.166(km 당)
굴삭기(무한궤도식, 차륜식)	N (트레일러 이용)	–	–	15만원
로울러	N (트레일러 이용)	–	–	15만원
카고 크레인	N (트레일러 이용)	–	–	15만원

4) 3-3단계: 공유 성립 판별

장비의 공유는 최종적으로 비용절감이 추가비용보다 클 때 이루어진다. 예시에서는 1공구와 2공구의 공유로 20만원의 절감액과 0.6만원의 이동비용이 발생하였으므로 비용절감이 추가비용보다 많은 상태이고 이에 따라 공유가 이루어지며 최종 절감액은 19.4만원이다.

상기 예시에서와 같이 특정 장비에 대해서 전체 공구에서의 수급상황을 토대로 당일 가장 적합한 매칭을 실시할 수 있으며, 이를 일일 단위로 하여 3주에서 1개월 단위로 반복해서 가장 비용이 저렴한 장비 계획을 구축할 수 있게 되는 것이다.

한편, 본 시스템을 통해 이뤄지는 장비의 이동은 이론적으로 공기에는 영향을 주지 않는다. 장비가 남는 공구(잉여공구)의 장비를 부족 공구에 빌려주는 것이기 때문에 잉여 공구의 공기에는 영향을 주지 않는다. 장비가 부족한 공구는 공기가 늦춰지지 않도록 외부에서 추가로 임대해야 하는 장비를 동일 사업의 타 공구에서 대여하는 것이므로 역시 공기에 영향이 가지 않는 것이다. 단, 장비의 이동시간으로 인한 지연은 존재할 수 있으나, 대형도로건설사업이 도외지역에서 대부분 수행되고 서로 인접하여 연결되어 있다는 점을 고려하여 이동시간은 분석 기준에서 제외하였다. 이는 향후 연구에서 구체적으로 고려해야 할 부분이다.

											장기임대	40		
date		5일	6일	7일	8일	9일	11일	12일	13일		단기임대	60		
As-Is											Plan cost		Actual cost	Transport
1공구	Actual	5	4	7	6	4	4	7	4					
	Plan	6	6	6	6	6	6	6	6	378	15120			
+: 남는다	Delta	1	2	-1	0	2	2	-1	2		부족한 양	-36	17280	
2공구	Actual	2	2	4	4	4	4	4	4					
	Plan	3	3	3	3	3	3	3	3	111	4440			
+: 남는다	Delta	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1		부족한 양	-16	5400	
3공구	Actual	5	8	8	8	2	6	9	11					
	Plan	8	8	8	8	8	8	8	8	348	13920			
+: 남는다	Delta	3	0	0	0	6	2	-1	-3		부족한 양	-105	20220	
4공구	Actual	12	6	6	6	6	3	3	0					
	Plan	6	6	6	6	6	6	6	6	222	8880			
+: 남는다	Delta	-6	0	0	0	0	3	3	6		부족한 양	-56	12240	
	sum												55140	
To-be														
1공구	Actual	5	4	7	6	4	4	7	4					
	Plan	6	6	6	6	6	6	6	6	378	15120			
	Shared					-1	-1		-1					
+: 남는다	Delta	1	2	-1	0	1	1	-1	1		부족한 양	-20	16320	7.3
2공구	Actual	2	2	4	4	4	4	4	4		이동량	-22		
	Plan	3	3	3	3	3	3	3	3	111	4440			
	Shared					1	1		1					
+: 남는다	Delta	1	1	-1	-1	0	0	-1	0		부족한 양	-8	4920	4.3
3공구	Actual	5	8	8	8	2	6	9	11		이동량	-13		
	Plan	8	8	8	8	8	8	8	8	348	13920			
	Shared	-3						1	3					
+: 남는다	Delta	0	0	0	0	6	2	0	0		부족한 양	-81	18780	7.7
4공구	Actual	12	6	6	6	6	3	3	0		이동량	-23		
	Plan	6	6	6	6	6	6	6	6	222	8880			
	Shared	3						-1	-3					
+: 남는다	Delta	-3	0	0	0	0	3	2	3		부족한 양	-43	11460	2.3
								조건			이동량	-7	51480	21.7
													51501.7	
											총 Saving		3638.3	
											ROI		6.60%	

그림 11. 덤프트럭 사례연구 예제: 현장 작업일지 데이터 기준

5. 사례 연구

5.1 대상 사업 개요 및 시험 방법

앞장에서 정립된 장비공유시스템을 실제 도로건설현장에 적용하였다. 구체적으로 한국도로공사(주)에서 진행한 삼척-동해 4공구의 3개월 간 3개 장비를 대상으로 실시하였다.

본 사업에서 사용된 총 장비는 16개였으나 이 중 시험에 적용한 장비는 덤프트럭, 굴삭기(무한궤도식) 및 굴삭기(타이어식) 등 3개에 국한하였다. 본 장비들의 선정 근거는 설문조사 및 현장 감독들과의 인터뷰 결과 이동성이 좋고, 사용빈도가 높으며 활용도가 높다는 기준을 적용하여 선정하였다.

장비의 일일 운영 데이터는 각 공구에서 작성한 작업일보(4개 공구 3개월 데이터, 3개 장비: 4*90일*3개 장비= 1080개의 데이터 포인트)를 근거로 도출하였다.

분석 방법은 기존 운영 방법(As-Is)과 장비공유시스템으로 시뮬레이션(To-be)을 수행했을 때, 운영 효율 및 비용 측면에서의 개선 정도를 정량적으로 비교분석해 보았다.

일례로 〈그림 11〉은 덤프트럭을 대상으로 원래 현장에서 공유 없이 진행된 덤프트럭의 실제 운영 데이터를 보여주고 있으며(As-Is: 공유 전), 그 하단에는 덤프트럭에 고안된 공유 기준들을 적용하여 시뮬레이션(To-be: 공유 후)을 수행한 8일간의 결과를 보여준다. 이와 같은 시뮬레이션을 1개월 단위로 나누어 3개월에 걸쳐 3개 장비에 각각 적용하였다.

5.2 사례 적용 결과

5.2.1 장비의 운영효율 분석

장비의 운영 효율을 평가하기 위해서는 다공구에서 장비의 활용도를 정량적으로 측정할 필요가 있으며 이를 위해서 본 연구에서는 사전적으로 〈표 6〉에서와 같이 일련의 생산성 지표들을 개발한 바 있다(김홍열 2012).

이 중에서 nDPR(normalized Deviation from Planned Resource, 정규화계획편차량)은 1개월간 계획되어 보유하고 있는 장비의 개수 대비 실제 사용된 장비와의 차이(즉, 계획편차량)를 정량적으로 나타낸 것이다.

예를 들어, A공구의 1개월간 계획(보유)장비가 5대일 때 계획편차량이 3대라면 nDPR은 0.6이 된다. 이에 비해 B공구의 1개월간 계획장비가 10대인데 계획편차량이 3대라면 nDPR은 0.3이다. 즉, nDPR값이 작을수록 장비의 비효율적 운영이 줄어든 것을 나타낸다. 따라서 이 경우 B공구의 운영이 더 효율적임을 알 수 있다.

3개 장비에 대하여 시뮬레이션의 결과를 nDPR 값으로 평가한 결과는 〈표 7〉와 같다.

표 6. 다공구 현장의 생산성 지표 설명

용어	풀이	정의	공식	설명	단위
PR	Planned Resource	계획 장비량	공정계획표에서 수집	현장에서 해당 시점에 사용을 계획하여 보유한 장비의 양	대
ARi	Actual used Resource	실제일일 사용량	각 공구의 일일 작업일보에서 수집	현장에서 해당 시점에 사용한 장비 양	대
DPR	Deviation from Planned Resource	계획편차량	$DPR_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{t}(AR_i - PR_i)^2}{t}}$	계획편차는 계획과 사용 장비의 편차량, 편차가 클수록 비효율적 운영이다.	대
nDPR	normalized Deviation from Planned Resource	유휴 장비 편차량	$nDPR_t = \frac{DPR_t}{PR_t}$	공구간 장비의 운영상태를 비교하기 위해 정규화한 값, 작을수록 효율이 높음을 의미함.	대

표 7. 8, 9, 10월 덤프트럭 생산성지표 비교표

	As-Is(장비공유 미적용)			To-Be(장비공유 적용)		
	8월	9월	10월	8월	9월	10월
PR	14	14	23	16	17	24
DPR	2.65	2.79	2.29	2.54	2.71	1.73
nDPR	3.37	3.08	1.61	2.28	2.18	1.54
공유 횟수	0	0	0	28	17	12

표 8. 8, 9, 10월 무한궤도식 굴삭기 생산성지표 비교표

	As-Is(장비공유 미적용)			To-Be(장비공유 적용)		
	8월	9월	10월	8월	9월	10월
PR	14	11	22	16	12	23
DPR	2.05	2.48	1.19	1.77	1.76	1.05
nDPR	1.52	3.01	0.67	1.01	1.98	0.52
공유 횟수	0	0	0	11	21	5

표 9. 8, 9, 10월 타이어식 굴삭기 생산성지표 비교표

	As-Is(장비공유 미적용)			To-Be(장비공유 적용)		
	8월	9월	10월	8월	9월	10월
PR	7	6	7	9	7	8
DPR	0.89	1.02	0.5	0.66	0.72	0.46
nDPR	1.78	1.67	0.81	1.48	1.23	0.78
공유 횟수	0	0	0	7	11	4

〈표 7〉에서 보듯이 덤프트럭의 8월 동안 PR은 총 14대였으며 DPR은 2.65이었다. 즉, 1개월 동안 평균적으로 2.65대의 편차가 존재함을 알 수 있으며 이는 nDPR이 3.37로 표현이 된다. 장비공유로 시뮬레이션을 했을 경우 nDPR 값이 2.28로 줄어든 것을 볼 수 있다. 이는 표에서 덤프트럭을 4개의 공구에 걸쳐 28번 공유를 통해 편차량이 줄어든 것을 정량적으로 보여준다.

덤프트럭의 나머지 9-10월 기간도 장비를 공유했을 때 nDPR값이 감소하여 공유를 통한 효율이 높아진 것을 관찰할 수 있다. 또한 표에서 보듯이 공유횟수가 많았던 기간일수록 nDPR은 그만큼 줄어든 것을 볼 수 있다.

두 종류의 굴삭기도 〈표 8, 9〉에서와 같이 공유를 시뮬레이션 했을 때 nDPR값이 개선되는 것을 볼 수 있다. 단, 덤프트럭에 비해 두 종류의 굴삭기는 계획량(PR)이 상대적으로 많지 않고, 이에 따라 공유 기회도 적어, 그 개선 정도가 상대적으로 크지 않은 것을 볼 수 있다.

5.2.2 장비의 비용효율 분석

4장에서 설명한 바와 같이 공구 간 장비 공유가 성립되는 경우 단기임대로 대여해야 했던 장비를 장기임대비용으로 대체되기에 비용 절감 효과가 있는 반면, 이동 비용이 추가로 생기게 된다.

3개 장비에 대한 건설장비의 임대비용은 다음 〈표 10〉과 같이 건설기계 연합회 등에서 제시하는 가격을 조사하여 기준으로 삼았다.

〈표 11〉은 3개월 간 장비를 공유했을 때 장비별로 변화된 비용을 산정한 것이다. 우선 3개 장비 모두 비용이 절감된 것을 볼 수 있으며, 절대적 액수로는 총 5678만원, 원금액 대비 4.45%의 비용이 절감되는 것을 알 수 있다.

3개 장비 중에서는 덤프트럭의 공유를 통한 개선율이 6.6%로 가장 높게 나왔으며, 무한궤도식 굴삭기 가장 낮은 1.5%의 개선율을 보였다. 이는 상기 언급한 바와 같이 덤프트럭이 공유횟수가 많은 만큼 비용 절감효과도 큰 것을 보여 주며, 운영 효율 면에서도 덤프트럭이 가장 큰 효과를 본 것과 일맥상통한다.

굴삭기의 경우에도 마찬가지로 장기/단기임대비용이 동일함에도 불구하고 타이어식 굴삭기가 무한궤도식 굴삭기보다 비용 절감효과가 높았다. 이 또한 타이어 굴삭기가 공유횟수가 상대적으로 많아 그 만큼 절감할 기회가 많았기 때문인 것으로 풀이된다.

표 10. 장비 임대가격 산정 기준

장비	임대가-장기	임대가-단기	산정 근거 또는 자료
덤프트럭	40만원	60만원	전국건설기계 연합회
굴삭기(무한궤도식, 차륜식)	45만원	65만원	굴삭기 연합회 참조

표 11. 장비별 3개월간 누적 비용 변화 추이 결과

	공유 전	공유 후	
장비	비용	비용	개선율
덤프트럭	55140	51502	6.6
타이어식굴삭기	21600	20310	6.0
무한궤도굴삭기	56820	55980	1.5
총 합	133760	127810	-
총 절감액 및 개선율	-	5768	4.45

5.3 소결: 시뮬레이션 결과

해당 사업에 장비에 대한 공유 시뮬레이션을 수행한 결과 운영 효율 및 비용 측면에서 모두 개선이 되는 것을 볼 수 있었다.

3개 장비에 대해 운영 효율 측면에서는 nDPR값이 모두 감소하는 것을 볼 수 있다. 더불어, 공유횟수가 많은 장비일수록 그 감소의 정도가 큰 것을 볼 수 있다. 비용 측면에서도 역시 공유횟수가 많은 장비가 비용절감이 큰 것으로 파악되었다. 그러나 비용 측면에서는 공유횟수도 중요하지만, 장기임대와 단기임대간의 비용차이와 이동비용에 따라서도 비용의 변화를 준다. 그러므로 운영효율 및 비용을 이원화해서 그 효과를 분석하는 것이 중요하다고 볼 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 다공구 도로건설현장에서 사용되는 장비들을 공구 간 공유할 수 있는 장비공유시스템을 개발하였다. 다 공구에서 장비를 공유하기 위해서는 공구별 장비의 수급현황을 일일단위로 파악하여 부족한 공구와 남는 공구끼리 운영 효율을 최대화하면서 비용은 최소화할 수 있는 기준을 가지고 매칭을 해줘야 한다. 공구의 개수가 많아지고 장비도 다양해질수록 이는 시스템적인 관리가 필요하다.

이에 본 연구에서는 공구 간 장비를 매칭해주는 기준(최단거리, 연속성, 빈도 및 일대일) 및 장비 비용 산정과 이동 비용 산정 기준들을 정의하였으며, 이를 순차적으로 적용하면서 공유의 여부를 판별해 주는 절차를 정립하였다.

정립된 시스템의 검증을 위하여 한국도로공사(주)에서 실제로 진행한 삼척-동해 1-4공구를 대상으로 3개월 동안 3개 장비에 시뮬레이션 분석을 실시하였다. 그 결과, 운영 효율 및 비용 측면에서 모두 개선되는 것을 볼 수 있었으며, 공유가 많아질수록 그 효과는 증가된다는 것을 관찰할 수 있었다. 본 실험에서는 4개 공구와 3개의 장비만을 대상으로 시뮬레이션을 수행했는바, 전체 사업에 확대 적용할 경우 그 효과가 배가될 것으로 판단된다.

본 연구는 린 건설과 프로젝트 매니지먼트 이론에서 역설하는 새로운 협업모델에 입각하여 이를 도로사업에 적용하는 취지에서 수행되었다. 그러나, 이러한 이론들이 기존 발주 및 계약 방식을 극복해야 하는 한계가 있는 것처럼 본 연구가 수용되기 위해서는 장비의 임대 행태 및 사용자들간 계약 조건의 보완이 요구된다. 또한 각 시공사들이 보유하는 장비의 공유를 꺼리는 것이 현실이기에 발상의 전환이 선결되어야 한다는 것 또한 인지한다.

그러나, 본 연구에서는 전체 사업 차원에서 사업자들간 정보 및 장비을 공유를 할 경우 운영 및 비용 측면에서 시너지 효과를 낼 수 있다는 것을 정량적으로 제시하였다. 따라서 본 연구의 결과가 이런 새로운 사업 모델의 필요성에 대한 근거자료로 사용되어 조기 도입에 일조할 것으로 기대해 본다.

감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 (일부)지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

고지훈 (2008). “토석자원의 재활용과 토석정보공유시스템(TOCYCLE)”. 국토연구원, 건설경제 2008년 여름호, 통권 56권, pp. 74~84.

김홍열 (2012). “다(多)공구 도로 공사 현장 장비들의 운영 실태 파악을 위한 생산성 지표 정립에 관한 연구”. 한국건설관리학회 논문집, 제13권 제4호, 한국건설관리학회, pp. 100~109.

송설민 · 김예상 · 진상윤 · 권순욱 (2011). “IPD 도입을 위한 국내 건설기술자의 인식 분석.” 한국건설관리학회 논문집, 제12권 제2호, 한국건설관리학회, pp. 72~80.

Ballard, G.(1994). "The Last Planner", Lean Construction Institute, Northern California Construction Institute Spring Conference, Monterey, CA, April pp. 22~24.

Ballard, G. and Howell GA. (2005). "Relational Contracting and Lean construction”. Lean Construction Journal, Vol 2 No 1 pp. 1~4

Kent C. D. and Becerik-Gerber, B. (2010). “Understanding construction industry experience and attitudes toward

integrated project delivery“. ASCE Journal of construction engineering and management, August 2010, Posted ahead of print 16 January 2010.

Kim, Y. and Ballard G. (2000). "Is Earned Value Method an Enemy of WorkFlow", Proceedings Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-6, Brighton, UK, July, pp. 17~19.

Kini, D. U. (2000). "Global Program Management – Not Business as Usual", Journal of Management in Engineering, Vol. 16, No. 6, November/December 2000, pp. 29~33.

Nokes, S. (2008). “The Definitive Guide to Project Management: The fast track to getting the job done on time and on budget.”. New York: Prentice Hall.

Project Management Institute(PMI) (2008). "The Standard for Program Management", 2nd Ed, Project Management Institute.

논문제출일: 2013.02.07
논문심사일: 2013.02.10
심사완료일: 2013.03.12

요 약

국내에서 시행되는 대형 도로건설사업은 공구별로 분리 발주되고 개별 시공사는 단절된 형태로 시공을 하게 된다. 공구별 공종 및 활용 장비는 유사하나, 공구 간 장비의 공유는 비공식적이고 부분적으로만 일어난다. 이로 인해 도로 현장에서 사용되는 고가의 장비들은 낮은 가동률을 보이며 임대비용이 공사비의 높은 비중을 차지한다. 본 연구에서는 린 건설과 프로그램 매니지먼트의 이론에 근거하여 개별 공구에서 발생하는 유휴 및 부족 장비를 전체 사업 차원에서 공유함으로서 장비 생산성을 향상 시킬 수 있는 방안을 모색하였다. 개발된 장비공유시스템은 정의된 기준(최단거리, 연속성, 빈도 및 일대일) 및 일련의 절차에 따라 공구들의 장비 수급현황을 바탕으로 비용을 최소화하면서 가동률을 높여주는 조건하에 두 공구 간 장비의 매칭(matching)을 자동화해준다. 본 시스템을 실제 도로공사 현장 4개 공구에 3개월 간, 3개 장비를 대상으로 시뮬레이션을 실시한 결과, 다공구에서의 생산성을 측정하는 지표인 nDPR이 향상되었으며, 장비 비용 또한 4.45% 개선되었다. 더불어, 공유횟수가 많은 장비일수록 nDPR 및 비용이 비례적으로 개선되는 것을 관찰할 수 있어 장비의 공유를 통한 긍정적 효과를 입증하였다. 본 연구의 결과는 개별 사업이 아닌 전체사업 차원의 관리를 통해 증대되는 사업 가치를 정량적으로 제시함으로서 프로그램 차원의 사업관리모델을 조기 도입하는데 일조할 수 있을 것으로 사료된다.

키워드 : 다공구 도로건설, 장비 생산성, 린 건설, 프로그램 매니지먼트, 장비공유시스템