

단위작업 생산성 정보를 활용한 공정관리 지원시스템 개발

The Development of a Schedule Management Support System Using Productivity Information of Construction Activities

오 세 욱* · 김 영 석** · 박 상 규***

Oh, Se-Wook · Kim, Young-Suk · Park, Sang-Gyu

국문요약

건설 프로젝트의 단위작업을 기반으로 발생하는 노무자의 작업시간은 진행된 실적물량 정보와 연계되어 생산성 정보로 가공되고 이는 다시 해당 단위작업의 공정관리와 연계됨으로써 프로젝트의 계획 대비 실적을 비교 및 분석할 수 있는 근거자료로 활용될 수 있다. 또한 이러한 작업정보(노무자의 작업시간 및 실적물량 정보)는 잔여 작업 일정에 대한 예측 및 작업조 운영계획 조정 등 공정관리와 관련된 다양한 원천데이터로 제공될 수 있으며, 실적자료로 축적되어 향후 유사 프로젝트의 공사계획 수립에 유용하게 재사용될 수 있다. 본 연구의 목적은 PDA, 바코드, 웹 기술 등을 활용하여 단위작업을 기반으로 발생하는 작업정보를 효과적으로 수집하고 이를 생산성 정보로 가공하여 공정 및 공사관리 업무를 지원하는 전산화 시스템을 개발하는 것이다. 개발 시스템을 통해 분석 및 축적된 생산성 정보는 단위작업의 공정과 연계되어 잔여작업 일정 예측 및 작업조 조정 등 다양한 공정 지원데이터를 제공할 수 있으며 지식관리 차원에서 향후 유사 프로젝트의 공정계획 수립시 매우 유용한 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 노무자, 작업정보, 정보기술, 생산성관리, 공정관리

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

공정관리는 프로젝트 완성을 위해 요구되는 단위작업들의 특성을 파악하여 필요 자원(resource)들을 할당하고 합리적인 일정계획을 수립한 후, 실제 공정 상황의 지속적인 모니터링을 통해 프로젝트의 일정을 통제 및 조정하는 활동으로 정의된다. 여기서, 합리적 일정계획이란 공정 네트워크상에 도출된 개별 단위작업에 대한 예정물량, 노무 및 장비 투입계획에 따른 생산성 정보 등의 참고자료(references)를 토대로 각 단위작업의 일정(duration)과 여유시간들(floats)을 산출하여 한계공정을 파악하고 적정 공시기간을 산정하는 것을 의미한다.

공정관리의 궁극적 목적은 이러한 공정계획의 결과물과 실제 공사 진행을 통해 얻어진 실적물 간에 차이를 지속적으로 비교·분석하고 그 편차를 최대한 줄이면서 주어진 기간과 사업예산 내에서 프로젝트를 완료하는데 있다. 따라서 공정관리를 수행함에 있어 '계획 대비 실적'이라는 것이 그 의미를 갖기 위해서는 무엇보다 먼저 계획이 신뢰성 있는 참고자료(자원 조합, 생산성 정보 등)를 토대로 작성되어야 하며, 공사 진행에 따른 공정 관련 실적정보를 객관적으로 모니터링하고 그 결과를 계획과 비교함으로써 공정관리의 목적을 달성하는 관리체계의 변화가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 공동주택 구체공사를 대상으로 정보기술도구를 활용하여 단위작업을 중심으로 발생하는 노무자의 작업 정보(작업시간, 실적물량 등)를 수집하고 이를 생산성 정보로 가공하여 공정을 예측할 수 있는 단위작업 기반의 생산성 정보를 활용한 공정관리 지원 시스템(Advanced Site Information Management Organizer; 이하 ASIMO)을 제안하고 현장 적용을 통해 개발 시스템의 효용성을 검증하고자 한다.

건설 프로젝트의 단위작업을 기반으로 발생하는 노무자의 작업시간은 진행된 실적물량 정보와 연계되어 생산성 데이터로 가

* 일반회원, 인하대학교, 건축학부 Postdoctoral Fellow, 공학박사
archimc@inha.ac.kr

** 중신회원, 인하대학교, 건축학부 부교수, 공학박사(교신저자)
youngsuk@inha.ac.kr

*** 학생회원, 인하대학교, 건축학부 석사과정, ppsk5@hotmail.com

공되고 이는 다시 해당 단위작업의 공정과 연계되어 잔여 작업 일정에 대한 예측 및 작업조 운영계획 조정 등 공정관리와 관련된 다양한 원천데이터로 제공될 수 있다. 또한, 개발 시스템의 현장 적용을 통해 분석 및 축적되는 생산성 정보(historical productivity data)는 지식관리 차원에서 향후 유사 프로젝트의 공정계획 시 매우 유용한 참고자료(references)로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

단위작업 기반의 생산성 정보를 활용한 공정관리 지원 시스템인 ASIMO는 공동주택 구체공사를 대상을 개발되었다. 대한 주택공사에서 발간된 2002년 '주택통계 편람'에 따르면, 전국 건축공사의 신규현장 중 공동주택이 차지하는 비율이 약 60퍼센트 이상을 차지하고 있을 정도로 공동주택은 건축공사의 대표적 시설물이라 할 수 있다. 또한 구체공사는 작업 공정표상에 주 공정을 이루고 있는 핵심 공정으로 작업조(팀)와 층을 중심으로 반복적인 작업을 수행하는 특징을 지니고 있다.

본 연구의 수행을 위한 범위와 방법은 다음과 같다.

1) 국내 공동주택 공정관리 현황 분석 및 개선방안 제시 : 수도권에 위치한 50개 공동주택 현장을 방문하여 현장 실무자와의 인터뷰를 실시하고 공정관리상의 주요 문제점들을 도출하였으며 이를 개선하기 위한 방법으로 단위작업을 중심으로 한 정보 수집의 필요성을 제시하였다. 또한 작업정보 수집과 관련된 국내의 연구동향 분석을 통해 본 연구와의 차별성을 제시하였다.

2) 단위작업 기반의 작업정보 수집 및 정보기술 활용 방안 제시 : 단위작업 기반의 작업정보를 정의하고 PDA, 바코드를 활용한 작업정보 수집 방법론을 제안하였다.

3) ASIMO 시스템의 개발 및 현장 적용 : 웹을 기반으로 ASIMO 시스템을 개발하고 구체공사가 진행 중인 국내 2개 공동주택 현장(인천 A현장, 서울 B현장)을 대상으로 개발 시스템의 적용한다.

4) ASIMO 시스템의 검증 : 현장 적용을 통해 수집된 작업정보를 토대로 출력된 주요 정보의 의미를 규명함으로써 ASIMO 시스템의 적용성 및 효용성을 검증하였다.

5) ASIMO 시스템의 결과 분석 : 인천 A현장 및 서울 B현장의 단위작업별 생산성에 대한 평균 값 및 범위를 분석하고, 현장 관리자와의 인터뷰를 통해 두 현장 데이터간의 편차가 발생하게 된 영향요인을 분석하였다.

2. 국내 공동주택 공정관리 현황 분석

2.1 국내 공정관리 현황 분석

국내 공정관리 현황 및 문제점 분석을 위해 수도권에 위치한 50개 공동주택 현장을 방문하였으며, 현장 실무자들과의 인터뷰를 통해 공정 관련 정보의 수집 및 활용 관점에서 다음과 같은 문제점을 도출하였다.

1) 공정계획 수립 결과의 신뢰성 결여 : 공정계획은 과거 유사 프로젝트의 실적자료와 해당 프로젝트의 특성을 반영하여 수립되어야 하나, 국내의 경우 지식관리 차원에서 전사적으로 활용될 수 있는 실적자료가 부재하고 공정을 계획함에 있어 협력업체와 임의로 협의하거나 현장 관리자의 경험 및 직관에 전적으로 의존하고 있는 실정이다.

2) 건설 생산성 정보 수집을 위한 관리체계 및 공정 관련 성과 측정을 위한 피드백 시스템 부재 : 단위작업에 투입된 노무자들의 작업시간 정보와 실적물량 정보를 통해 도출되는 단위작업별 생산성 정보는 잔여 물량 정보와 연계되어 공정을 예측하고 관리하기 위한 필수 정보라 할 수 있으나, 현재 국내에는 이와 같은 정보를 효과적으로 수집하는 관리체계가 전무한 실정이다. 따라서 국내의 경우 이를 위한 방법론의 개발 및 단위작업별 노무, 생산성 정보를 일정과 연계하여 공정을 모니터링하고 성과를 측정하는 피드백 시스템의 구축이 필요하다.

3) 공정 관련 실적정보의 데이터베이스화를 위한 기준 부재 : 건설 프로젝트는 동일 시설물이라 하더라도 프로젝트 고유의 특성이나 현장 여건에 따라 발생된 실적정보에 있어 많은 편차를 보일 수 있다. 예로서, 공동주택의 경우 여러 개의 동과 반복되는 층, 층별 세대 수 및 평형에 따라 다양한 정보가 발생되고 동일 단위작업이라 하더라도 그 결과 값이 다르게 표현될 수 있으며 작업시기, 지역별 특성 등 다양한 변수에 따라 그 결과 값에 많은 편차를 보일 수 있다. 따라서 해당 프로젝트의 공정 관련 성과측정 뿐만이 아니라, 향후 유사 프로젝트 공정계획 시 참고 자료로서의 활용을 위해 실적정보를 데이터베이스화함에 있어서도 이에 대한 기준 정립이 요구된다.

4) 공정관리 프로그램 활용상의 한계성 : 기존의 공정관리 프로그램은 매우 다양한 기능을 제공하고 있으나, 수작업에 의한 사전 입력정보가 방대하고 학습이해가 어려워 그 활용상의 한계성을 지니고 있다. 또한 현장조사 결과, 많은 원도급업체가 해당 건설 현장에서 발생된 주요 건설정보를 기반으로 하기 보다는 협력업체와의 협의에 의한 마일스톤의 개념으로 공정을 관리하고 있으므로, 공정관리 프로그램 활용에 대한 효용성과 그 결과에 대한 신뢰도는 매우 낮은 것으로 분석되었다.

2.2 정보수집 및 활용 관점에서의 공정관리

개선 방안

앞서 언급된 문제점을 토대로 정보수집 및 활용 관점에서의 공정관리 개선방안을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 공정을 계획하고 그 결과를 실적과 비교하여 프로젝트의 일정을 효과적으로 통제 및 조정하기 위해서는 공정관리 업무를 지원할 수 있는 생산성 정보에 관한 규명과 이를 수집할 수 있는 방법론의 개발이 필요하다.

둘째, 수집된 생산성 정보와 일정을 연계하여 잔여일정 예측, 진도율 산정 등의 공정관리 업무를 지원할 수 있도록 하는 관리 체계가 개발되어야 하며, 단위작업별 생산성 정보를 일정과 연계하여 공정을 모니터링하고 성과를 측정할 수 있는 피드백 시스템의 구축이 요구된다.

셋째, 공사 진행을 통해 발생하는 공정 관련 실적정보를 데이터베이스화하고 이를 향후 유사 프로젝트의 공정계획을 위한 참고자료로서 재활용하기 위해서는 프로젝트 유형에 따라 작업여건 등의 특성이 반영된 기준의 정립이 필요하다.

그림 1은 본 연구를 통해 개발된 ASIMO 시스템이 공정관리 업무의 지원을 위해 구현하고자 하는 일정 관련 정보 수집 및 재활용 관점에서의 피드백 시스템을 도식화한 것이다.

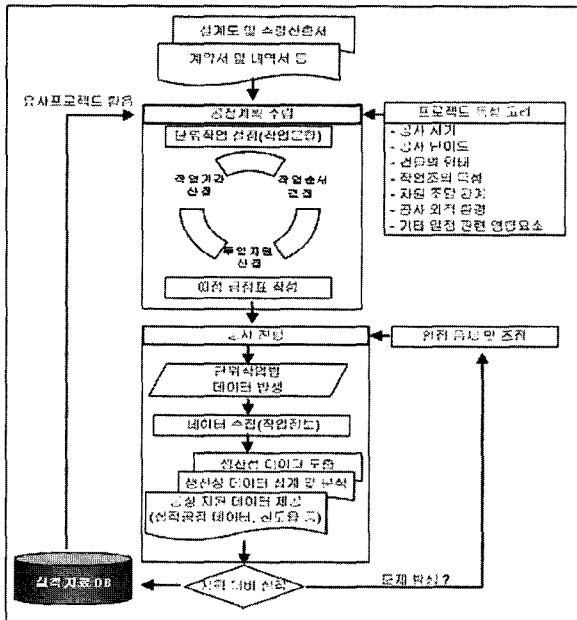


그림 1. 공정관련 정보 수집 및 재활용을 위한 피드백 시스템

2.3 선행 연구 동향 분석

작업기반의 정보 수집과 활용을 통해 공정관리를 지원하기

위한 선행 연구 내용 및 한계성을 살펴보면 다음과 같다(표 1).

표 1. 작업정보 수집 및 활용과 관련한 선행 연구동향

제목	내용	연구 한계성
아파트 공사의 주요 공정별 공정 및 생산성 분석(정인환, 1995)	아파트 공사의 주요 공종에 대해 연속 관리 측정기법을 이용하여 생산성 및 작업물량 정보를 수집하고 최적의 기본 공정 모델 및 적정 기능공 투입계획안을 제시함.	한시적 조사방법과 작업자를 직접 관찰을 통해 정보를 수집함으로써 정보의 정확성이 저하됨.
아파트 골조공사의 작업실태에 대한 조사연구 (이두진, 1995)	특정 평형의 1개동 1개층분에 대한 작업공정을 대상으로 조사원이 노무자 작업을 직접 관측하여 정보를 수집, 이를 계획 공정 대비 실적공정, 공중, 직중, 세대, 부위별 작업량을 도출하여 작업방법 개선 및 노무관리에 기초자료로 활용 함.	특정 대상에 대한 수집 한계와 한시적 조사방법, 작업자를 직접 관찰을 통해 정보를 수집함으로써 정보의 정확성이 저하됨.
공사실적정보 축적을 위한 작업일보 기반의 현장관리시스템개발 (조훈희, 2001)	작업정보 분류체계에 따라 시스템 사용자가 작업내용과 관련한 주요 정보를 입력하기 쉽게 시스템을 구축하고 이를 통해 작업일보 기반 모듈, 노무인력 투입현황 분석, 일일 기반 진도 분석 등을 출력할 수 있게 함.	작업일보 중심의 실적 자료를 축적하는 것에 주안점을 두고 있어 다소 기능적인 한계성을 가지고 있음.
일일공정 Check System을 활용한 인력관리 사례연구 (박찬정, 2004)	공동주택 34개동 구체공사를 대상으로 공정표 및 인력계획을 수립하고 각 단위작업별로 일일 실무인력을 수집하여 각 동별, 액티비티별 계획대비 실무인력에 대한 일일공정 체크리스트 작성하여 공기 만회대책을 수립 함.	일일 실무 투입인력에 대한 작업량 분석, 문제점 발생에 대한 원인 분석 등을 구체적으로 제안하지 못하여 공기만회대책에 대한 정량적 수립이 미흡함
Can labor inputs be measured and controlled automatically? (Navon, 2003)	단위작업에 투입되는 노무 투입량을 실시간으로 수집하기 위해 GPS 및 RFID기술을 적용함. 이를 통해 노무자의 위치추적에 따른 실 작업시간과 작업량의 관계를 파악하여 노무비용 산정에 활용함.	위치정보에 활용하는 GPS는 작업 영역이 명확 구분되지 않는 건설공사에선 한계성이 있으며 설치비용에 비해 그 활용도가 미흡함.
Project@hand (www.nataro.com)	공정관리 소프트웨어로 작성된 공정표를 PDA 화면으로 전송하고 PDA를 소지한 현장관리자는 공사진행에 따른 단위작업의 공사 진행정도를 퍼센트로 입력 및 전송하여 전체 공사 진행율을 공정관리 소프트웨어를 통해 파악	PDA에 화면에 대한 정보 출력 및 입력에 한계가 있으며 공정관리 소프트웨어와 PDA의 호환성이 아직은 개발단계에 있음.
작업분석에 의한 철근 콘크리트조 거푸집공사의 관리방안 (안용선, 1993)	3개 현장의 공동주택 거푸집공사를 대상으로 단위작업에 투입된 노무자의 작업시간 및 실적물량을 연속시간 측정 방법으로 수집하여 부위별 공법별 생산성 차이 분석 및 소요품, 소요 비용을 계산 함.	연속시간 측정기법은 노무자가 모니터링 받고 있음을 의식할 수 있어 정확한 생산성을 반영하기 어려움.

문헌고찰 결과, 지금까지 공정관리 업무를 지원하고자 하는 다양한 방법론들이 제안되어 왔으나, 이를 운영하기 위해 요구되는 정보수집 방법론이 체계적이지 못하며 한시적 조사방법에 의존하는 문제점 등이 있는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 단위작업별 노무자 작업시간 및 실적물량 정보를 효과적으로 수집하여 다양한 생산성 정보를 도출하고 그 결과를 일정과 연계하기 위한 도구로서 PDA, 바코드, 웹 기술을 활용하고자 한다. 따

라서 3장에서는 작업정보, 작업정보 수집을 통한 주요 산출정보 및 정보 가공을 통한 공정관리 지원 데이터 등에 대한 정의와 구체적인 작업 정보수집 방법론에 대하여 기술하고자 한다.

3. 정보기술을 활용한 단위작업 기반의 작업정보 수집

3.1 단위작업 기반의 작업정보 정의

지원 요소내용작업정보 단위작업별로 투입된 노무자(팀)의 작업시간 및 실적 물량 정보를 의미함. 생산성정보 단위작업별로 발생하는 작업 생산성으로 물량 대비 투입시간간의 관계로 표현 실적 공정데이터 현재 시점에서 종료되었거나 진행 중인 단위작업에 대한 정보로서 예정과 대비한 실제 시작일 및 종료일, 작업기간 및 예상 작업기간 등을 표현함으로써 공정관리를 위한 핵심 정보 제공진도를 현재 시점에서 진행 중이거나 완료된 작업들을 토대로 작업 진행 정도를 퍼센트로 표현한 것생산성 작업조건 단위작업에 있어 생산성 저하를 가져온 영향요인 들을 기록하기 위한 것으로 작업 생산성과 영향 요인간의 상관 관계를 규명하기 위한 것

표 4. 공정관리 지원 데이터 요소

단위작업이란 프로젝트의 목적물을 완성하기 위해 필요한 여러 작업요소들을 세부적으로 분할한 것을 의미한다. 현장조사 결과, 일반적으로 공동주택의 단위작업은 시설물 정보와 공종 정보로 분류되며, 시설물 정보에는 위치정보가 포함되어 층, 공간, 부위 등의 세부 속성을 지니게 되고 공종 정보는 액티비티(activity)와 작업(task)을 세부 속성으로 가지게 된다. 따라서 본 연구에서의 단위작업은 시설물 위치정보를 상위에 두고 공종 정보를 하위로 하여 상호 연계한 것을 의미하며, 실제로 '101동 1층 세대부 거푸집 설치작업'과 같은 것을 하나의 단위작업으로 설정하였다. 또한 '작업정보'는 단위작업을 기반으로 데이터를 추출하여 생산성 관리에 필요한 주요 정보들로 가공하고, 이를 공정과 연계하기 위한 원천정보로서 다음 표 2와 같이 정의될 수 있다.

표 2. 단위작업 기반의 작업정보

작업정보항목	내 용	수집방법
노무자 정보	현장 및 단위작업에 투입되는 노무자 신상정보	노무자의 신상 정보가 기록된 바코드 정보 수집 단위작업
단위작업 작업시간	단위작업에 투입되어 작업한 시간	단위작업에 투입된 노무자의 작업 시작시간 및 퇴근 시간 수집
실적물량	일별로 진행되는 단위작업별 실적 물량	작업종료 시점에서 그날 진행된 물량 수집
작업조건 (생산성 조건)	단위작업의 작업 진행에 영향을 주는 변수들	작업종료시점에서 작업 영향요소 수집

3.2 공정관리 지원 요소의 도출

단위작업별로 투입된 노무자의 작업정보(표 2)는 바코드 리더기 장착된 PDA를 통해 수집되며, 수집 정보가 서버로 전송되면 다음 표 3과 같은 산출 정보들이 자동으로 집계될 수 있다. 표 4는 ASIMO 시스템이 궁극적으로 제공하는 주요 공정 지원 데이터 요소를 보여준다.

표 3. 작업정보 수집을 통한 주요 산출 정보

지원요소	내 용	산출정보
단위작업 투입인원	단위작업에 투입된 노무자 수	수집 된 노무자 수(N)
단위작업 M·H	단위작업에 투입된 노무자 작업시간의 합	(노무자 정보 x 개별 노무자 작업시간) x 노무자 수(N)
실적물량	단위작업의 당일 진행물량	예정물량 대비 물량 달성도
단위작업 생산성	1M·H 당의 진행물량	Unit/M·H
단위작업 노무량	1단위 당 투입된 M·H	M·H/unit
작업 조건	단위작업에서 발생할 수 있는 생산성저하 요인들	작업 종료시 입력

표 4. 공정관리 지원 데이터 요소

지원 요소	내 용
작업정보	단위작업별로 투입된 노무자(팀)의 작업시간 및 실적 물량 정보를 의미함.
생산성정보	단위작업별로 발생하는 작업 생산성으로 물량 대비 투입시간간의 관계로 표현
실적 공정데이터	현재 시점에서 종료되었거나 진행 중인 단위작업에 대한 정보로서 예정과 대비한 실제 시작일 및 종료일, 작업기간 및 예상 작업기간 등을 표현함으로써 공정관리를 위한 핵심 정보 제공
진도를	현재 시점에서 진행 중이거나 완료된 작업들을 토대로 작업 진행 정도를 퍼센트로 표현한 것
생산성 작업조건	단위작업에 있어 생산성 저하를 가져온 영향요인 들을 기록하기 위한 것으로 작업 생산성과 영향 요인간의 상관 관계를 규명하기 위한 것

3.3 단위작업 기반의 작업정보 수집 방법론

본 연구에서 제안하고 있는 정보기술 기반의 작업정보 수집 방법론은 아래 그림 2와 같으며 선행 연구로 진행되었던 오세욱(2004)의 "PDA 및 바코드 기술을 이용한 건설 노무정보의 수집 및 활용"과 동일한 방법으로 수집하였다.

그림 2에서와 같이 공정관리 담당자는 초기 공사계획 단계에서 예정공정표를 수립하고 신규노무자들의 신상정보를 시스템 상에 입력하게 되며 바코드를 부여한다. 또한 등록된 노무자들에게는 바코드가 부여된 아이디카드를 제공하고 노무자의 신상정보와 연계된 바코드는 ASIMO시스템의 노무 데이터베이스에 저장된다. 바코드를 소지한 노무자는 현장 출입구를 통해 출근을 하게 되면 안전조회 미팅(safety toolbox meeting)후, 작업지시에 의해 단위작업에 투입되고 현장관리자는 PDA에 의해 노

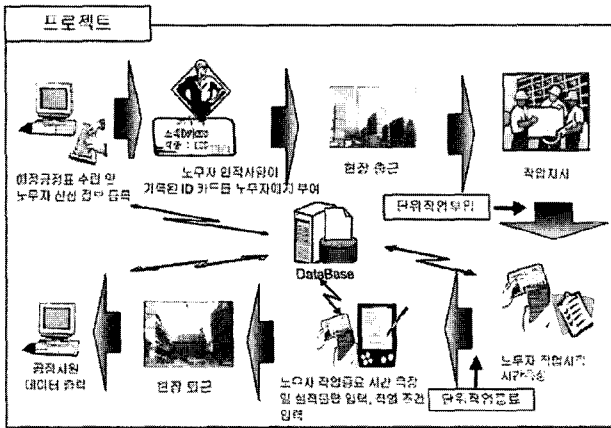


그림 2. 정보기술을 활용한 작업정보 수집 방법론

무자의 작업시간을 수집한다. 또한 작업이 종료되는 시점에서 노무자의 작업종료시간과 함께 해당일의 실적물량 및 작업 조건을 수집한다. 이러한 방법을 통해 수집된 정보들은 실시간 무선 정보 방식이나 유선 싱크 방식으로 서버로 전송되며, ASIMO 시스템은 주어진 알고리즘에 의해 데이터를 가공하여 표 4와 같은 공정 지원 데이터를 자동으로 출력한다.

4. ASIMO 시스템의 현장 적용 및 검증

4.1 사례현장 소개

ASIMO시스템의 적용성 및 활용성 검증을 위해 현장 적용을 실시하였다. 현장 적용은 정보 수집 기점에서 공동주택 구체공사를 진행 중인 인천 A현장 및 서울의 B현장을 선정하였다. 다음 표 5는 두 현장에 대한 현장 개요를 간략히 정리한 것이다.

표 5. 단위작업 기반의 작업정보

공사명	인천 당하동 00아파트	서울 금호동 00아파트
세대수/층수	11개동 (719세대)	7개동(225세대)
지구구성	택지개발 지구	도심지 재개발 지구
공사 진행현황	2003년10월 정보 수집 시점 현재, 각 동의 13층부터 14층 구체공사 진행 중	2004년 01월 현재 시점에서 지상 3~6층에 구체공사 진행 중
정보수집 기간	2003년 10월중순부터 12월 중순까지 약 60여일 2004년 1월 초부터 3월초까지 약 60여일	2004년 1월 초부터 3월초까지 약 60여일
특이사항	택지개발의 평지로서 코어중심의 사각형태	도심지 재개발 지구로서 코어 중심의 다변형(7자형, 총계형, 7자형)

시스템 적용 및 검증 절차는 A현장을 중심으로 출력된 ASIMO시스템의 결과 값을 화면 중심으로 살펴본 후, 두 현장간

의 생산성 데이터 차이 및 원인을 제시하고자 한다. 먼저 ASIMO시스템의 결과 값을 분석하기 위해 A현장에서 구체공사 작업을 진행하는 작업조 구성을 살펴보면 총 11개 동을 크게 2개 구역으로 나누어 한 구역당 6개의 작업조를 운영하고 있는 것으로 조사되었다. 1구역의 6개 작업조에 대한 세부 구성은 벽메김 1팀, 거푸집 설치 3팀, 철근 조립 1팀, 콘크리트타설 1팀으로 구분하고 있었으며 여기서, 거푸집 설치 3팀은 외벽층 갱폼 설치 팀과 세대부 내벽 및 슬라브 세대부 설치팀, 계단부 설치 팀으로 구분하여 작업을 진행하고 있었다. 현장의 작업조 운영은 다음 그림 3과 같으며 본 연구에서는 1구역 5개동을 담당하고 있는 6개 작업조를 중심으로 노무자의 작업 정보를 수집하였다.

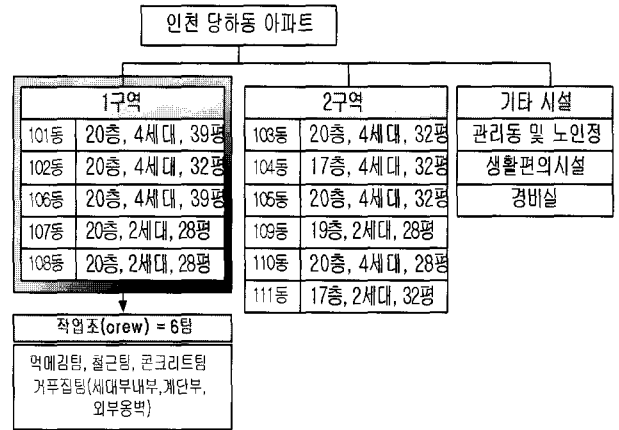


그림 3. 사례현장의 작업조 운영방식

또한 6개 작업조가 운영하는 5개동에 대한 세부 단위작업 요소들을 분석해 보면 먼저 벽메김 팀이 1개층 분에 대해 수직 구조물이 들어갈 자리에 대한 벽돌치기 위주의 작업을 진행하고 철근 팀은 1개층 분에 대하여 수평(바닥, 계단, 보 등) 및 수직(내외벽, 개구부 보강)으로 구분하여 철근을 조립하는 작업을 진행하고 있었으며 콘크리트 팀은 1개층 분에 대한 수직 및 수평 구분 없이 한번에 콘크리트를 타설 하는 작업을 진행하고 있었다. 또한 거푸집 3개 팀은 설치와 탈형으로 구분하여 설치작업은 세대부 내부, 세대부 갱폼인양, 계단부 거푸집으로 구분하여 각 1개 팀씩 작업을 실시하고 있었다. 여기서, 세대부 내부 거푸집에 한해서 단위작업을 슬라브 거푸집과 옹벽 거푸집으로 구분하고 추후에 거푸집 탈형 작업도 병행하는 것으로 분석되었다.

이와 같은 작업진행 방법을 실시하는 6개 작업조의 작업 분석 결과를 토대로 1개층분에 대한 작업항목을 총 9개로 구분할 수 있었으며 다음 표 6과 같다.

따라서 A현장에서는 5개동에 대해 각 층별로 3개의 부위와 9개의 단위작업 항목을 설정하고, 6개 작업조에 소속되어 있는 노무자들을 중심으로 단위작업별 작업정보를 PDA를 활용하여

표 6. 1개층 분의 단위작업 구성 예

부위	단위작업 항목	물량	단위
공통부	먹메김	332.40	m
	옹벽철근조립	16.68	lf
	슬라브철근조립	14.81	lf
	콘크리트타설	16.68	m ³
	거푸집탈형	2,463.31	m ²
세대부	슬라브 거푸집 설치	686.00	m ²
	강품 인양	220.86	m ²
	옹벽 거푸집 설치	1,028.70	m ²
계단부	거푸집 설치	721.60	m ²

수집하였다. 그림 4는 단위작업에 투입되는 노무자의 작업시간 정보를 현장관리자가 바코드리더기가 장착된 PDA를 통해 수집하는 모습을 보여주고 있다.



그림 4. 노무자 작업시간 정보 수집 장면

4.2 생산성관리를 위한 주요 출력화면

노무자의 단위작업 정보 수집을 통해 출력되는 ASIMO시스템의 생산성 기능은 단위작업 투입시간, 생산성 조회 및 비교·분석으로 구분할 수 있다. 먼저 단위작업 투입시간은 현장에 출역한 노무자들이 현장관리자로부터 작업지시 후, 해당 단위작업에 투입되어 작업을 수행한 사항을 시간으로 표현하는 것을 의미하며 이를 토대로 해당 노무자의 작업 진행 현황을 파악할 수 있다. 그림 5는 단위작업에 투입된 노무자의 작업시간을 파악하는 것으로 (1)은 2003년 11월 20일 시점에 노무자 중심으로 노무자별 단위작업 투입현황을 테이블 형식으로 표현하고 있다. (2)는 해당일에 진행된 단위작업이 총 7건으로 총 53명이 투입된 것을 표현하고 있다. (3)은 H전문건설 콘크리트 소속의 ID 25701인 기술자가 106동 15층 콘크리트 치기 작업에서 오전 7시 36분부터 11시 44분까지 작업을 진행하였고 오후에는 같은 단위작업에서 13시 31분부터 14시 51분까지 작업을 진행한 것을 알 수 있으며 오전엔 4시간 07분을 오후엔 1시간 19분 동안 작업을 진행한 것을 파악할 수 있다. (4)는 H전문건설 목수 2팀 소속의 ID 23702인 목공 기술자가 오전에 102동 15층 계단부 거푸집 설치작업에서 7시 23분부터 11시 20분까지 총 3시간 57분간의 작업을 진행하였

고 오후에는 같은 작업위치에서 13시 24분부터 16시 12분까지 작업을 진행하여 총 2시간 47분간 진행한 것을 파악할 수 있다. 이와 같이 해당일(2003년 11월 20일)에 출역한 노무자들에 대해 개별 노무자별로 어느 단위작업에서 작업을 진행하였고 얼마 동안 작업을 진행하였는가를 모니터링 할 수 있으며 이러한 노무자의 작업시간 정보는 실적물량 정보와 함께 생산성 정보로 가공된다.

그림 5. 단위작업 투입시간

단위작업 생산성 조회는 현재 시점에서 진행 중인 단위작업들에 대한 생산성 현황을 일별, 동별로 조회할 수 있도록 지원하는 화면으로 현장관리자가 작업 진행 현황을 투입인원의 작업시간 대비 물량으로 분석할 수 있게 하여 단위작업별 생산성 정보를 적시에 파악하고 필요시 작업 조정을 위한 근거 자료로 활용할 수 있도록 하였다. 그림 6은 일별 단위작업 생산성 조회를 표현하고 있는 것으로 2003년 11월 20일에 7개의 단위작업이 진행된 것을 알 수 있으며 (1)과 같이 102동 15층 세대부 벽 거푸집 설치작업의 경우, 6명이 투입되어 49.18시간을 작업하였고 418.05m²의 실적물량을 수행한 것을 파악할 수 있다. 이를 8시간 기준으로 환산한 인원이 약 6.15명으로 이는 실제 6명이 투입되었지만 일일 평균 작업시간 보다 더 많은 시간을 작업하였기 때문에 실제 투입된 인원보다 약 0.15명이 더 투입되었다는 것을 의미한다. 단위작업별 생산성(unit/M·H)은 8.5로 이 수치

그림 6. 일별 단위작업 생산성 조회

는 1인이 1시간 동안 평균 8.5m²을 수행하고 있는 것을 의미한다. 단위작업별 노물량은 0.12MH/m²로서 1m²을 수행하는데 1인 기준으로 약 0.12시간 투입되고 있음을 의미한다.

그림 7은 동별 생산성 조화를 표현하고 있는 화면으로 동을 중심으로 특정 단위작업에 대해 층별로 진행된 작업 생산성 정보를 파악할 수 있다는 것을 의미한다. 먼저, (1)은 동과 부위, 단위작업을 콤보 박스 형태로 선정하는 것으로 101동 있어 세대부 벽 거푸집 설치작업을 선택하게 되면 하단에는 101동에서 선정된 작업의 생산성 정보를 테이블 형식으로 볼 수 있다. (2)는 선정된 101동 세대부 벽 거푸집 설치작업에 대해 15층의 3일째 수행되었던 생산성 관련 정보와 16층의 1일째 수행되었던 생산성 관련 정보를 보여주고 있다. 먼저, 15층의 3일째 수행된 생산성 정보를 살펴보면, 2003년 11월 10일날 작업이 진행되었고 6명이 40.99M·H를 투입하여 339.29m²의 실적물량을 수행하였으며 단위작업별 생산성으로 환산하면 약 8.28m²/M·H인 것을 파악할 수 있다. 또한 16층 1일째 수행된 생산성 정보를 살펴보면, 2003년 11월 25일째 진행되었고 7명이 투입되어 60.55M·H를 투입하여 371.61m²의 실적물량을 수행하였고 단위작업별 생산성으로 환산하며 6.14m²/M·H인 것을 파악할 수 있다. 이는 16층이 15층보다 생산성이 현저히 저하 된 것을 의미하며 16층의 경우 스프링클러 설치로 인해 발생한 층고의 증가에 따라 유로폼의 형태를 다시 설치하는 작업이 추가되어 작업시간이 그 만큼 많이 소요된 결과로 해석할 수 있다. (3)은 단위작업별 생산성 추이를 파악하기 위한 것으로 가로열에는 작업일을 세로열에는 생산성 지수를 나타내고 각 일자마다 예정, 평균, 실적 생산성을 표현하고 있다. 먼저 예정 생산성을 과거의 실적자료를 토대로 15층까지는 8.6m²/M·H으로 16층은 7.7m²/M·H로 낮춰 설정하였다가 다시 17층부터는 8.6m²/M·H로 설정하고 있다. 이를 토대로 실적 생산성 정보를 수집한 결과 15층까지는 8.28~8.69m²/M·H를 16층에서는 6.13~6.39m²/M·H의 생산성을 보이고 있으며 17층부터는 7.30~8.36m²/M·H의 생산성을 보이고 있다. 이를 토대로 평균 실적 생산성은 약 7.64m²/M·H로서 예정보다 약 1.0m²/M·H정도 낮은 생산성을 나타내고 있다. (4)는 101동 세대부 벽 거푸집 설치작업에 있어 생산성 작업 조건 현황을 막대 그래프 형식으로 표현한 것으로 가로열에는 건수를 세로열에는 생산성 조건항목을 표현하여 불가항력이 3건, 기타 관련 사항이 1건이 발생했음을 나타내고 있다. 이러한 생산성 작업조건 항목들이 발생하였다는 것은 위 작업조건들이 생산성 저하에 영향을 주었다는 것을 의미하며, 작업 종료시 현장관리자가 PDA를 통해 실적물량을 입력한 후, 생산성 저하가 발생하였을 경우 해당 작업 조건을 입력함으로써 그 결과 값을 표현할 수 있다. (5)는

101동 세대부 벽거푸집 설치작업에 대한 평균 생산성 정보를 표현한 것으로 평균 6.6명이 투입되어 하루에 52.83M·H의 작업 시간이 투입되었고 403.71m²의 실적물량을 진행하였으며 평균 단위작업별 생산성은 7.64m²/M·H이고 평균 단위작업별 노물량은 0.13m²/M·H인 것을 알 수 있다.

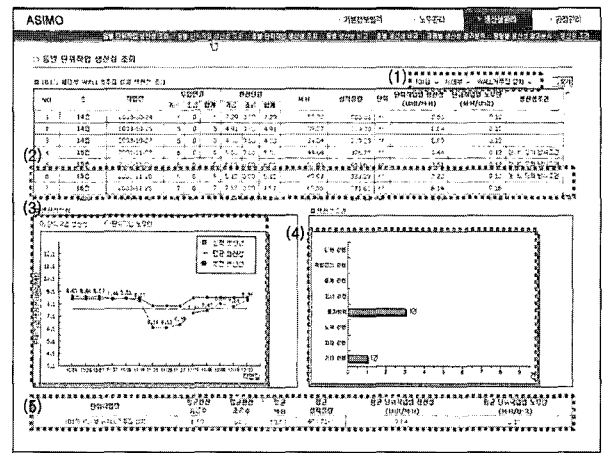


그림 7. 동별 단위작업 생산성 조회

생산성 비교는 공동주택에 있어 시설물이 동일 특성(평형, 층별 세대수, 층 그룹)을 지니고 있는 동들끼리 취합하여 상호 비교함으로써 공동주택 특성에 따른 동별 생산성 차이를 분석하는 것을 의미한다. 먼저 그림 8은 동별 생산성 비교 화면으로 동일 평형 및 세대수를 가지고 있는 동들의 생산성에 관한 정보를 표현하고 있다. 먼저(1)과 같이 동일 평형 및 세대수를 콤보 박스 형식에 의해 선택을 하게 되면 하단에 동일 특성을 가지고 있는 동들에 대한 생산성 정보가 층그룹 및 부위별 단위작업으로 구분되어 테이블 형식으로 표현될 수 있다. (2)는 39평형 4세대를 갖고 있는 101동과 106동에 대한 기준층 세대부 벽 철근배근 작업의 생산성 정보를 표현하고 있다. 예정은 0.35tf/M·H로 설정하고 공사를 진행하여 101동은 0.35tf/M·H를 106동은 0.46tf/M·H의 생산성을 얻을 수 있었다. 이는 예정과 대비하여 101동은 계획과 유사한 생산성 작업이 진행되고 있었으며 106동은 계획보다 약 0.11tf/M·H 정도의 생산성 향상을 보이고 있음을 파악할 수 있다. 즉, 106동에서는 1인이 1시간 동안 0.11tf정도의 작업효율을 보이는 것을 의미한다. 이러한 자료들은 각 동들을 담당하고 있는 작업조에 따른 동별 생산성 비교나 생산성 조건에 영향을 받은 동과 받지 않은 동간의 비교·분석 등에 활용될 수다. 또한, 현장관리자는 잔여 작업의 작업량 예측 및 조정뿐만 아니라 동일 단위작업을 수행하는 타 업체에 비해 성능이 현저히 떨어지는 협력업체를 expediting함에 있어서도 이러한 생산성 정보를 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

ASIMO - 공통별 생산성 비교

공정	단위	종류	수량	단위	실적	계획	비율	비율
16층 01호	벽거푸집	벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%		

그림 8. 동별 생산성 비교

대한 생산성 결과 분석을 표현한 것이다.

ASIMO - 평형별 생산성 결과분석

공정	단위	종류	수량	단위	실적	계획	비율	비율
16층 01호	벽거푸집	벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%

그림 10. 평형별 생산성 결과분석

생산성 결과 분석은 공동주택의 평형별 및 공종별로 생산성 데이터를 취합하여 그 결과 값을 분석하는 것을 의미하며, 생산성 결과 분석의 평형 및 공종별 표현은 해당 현장의 생산성 대표값으로 대변할 수 있다. 그림 9는 공종별 생산성 결과분석을 표현한 것으로 (1)에서와 같이 벽 거푸집설치라는 공종을 콤보박스 형식으로 선택하게 되면 하단에는 각 평형별 및 세대수별로 벽 거푸집 설치작업에 대한 생산성 정보를 테이블 형식으로 표현할 수 있다. (2)는 39평형 4세대에 대한 생산성 정보로서 기준층에서는 6,023.2m²의 실적물량을 수행하는데 총 기공이 88.24명이 투입되어 705.9M·H의 작업시간을 소모하였고 이를 단위작업별 생산성으로 환산하면 8.53m²/M·H, 평균 단위작업별 노무량으로 환산하면 0.12M·H/m²의 결과 값이 나오는 것으로 분석되었으며 16층 이상에서는 5,760.01m²의 실적물량을 수행하는데 총 기공이 108.74명이 투입되어 869.95M·H의 작업시간을 소모하였고 이를 단위작업별 생산성을 환산하면 6.62m²/M·H, 평균 단위작업별 노무량으로 환산하면 0.15M·H/m²의 결과 값이 나타나는 것으로 분석되었다. 이와 같이 특정 공종에 대해 평형별, 세대수별, 층 그룹별로 해당 프로젝트의 생산성에 대한 결과 값을 확인할 있다.

4.3 공정관리 지원을 위한 주요 출력화면

ASIMO 시스템에서의 공정관리 지원 모듈은 개별 단위작업에 대해 예정과 대비한 실적 일자 및 기간, 진행 중인 단위작업의 잔여 일정 예측, 각 시설물별 및 프로젝트 공사 진도를 파악하는 것에 중점을 두고 구성하였다. 이러한 자료들은 현장 실무에서 다루고 있는 3주, 3개월 공정표 작성 및 공사 진도를 파악 등 공정관리 전반을 지원할 수 있는 데이터로서 정의할 수 있다. 먼저 실적공정 데이터는 공사가 진행됨에 따라 발생하는 단위작업들의 작업정보를 날짜 중심으로 표현하는 것을 의미한다. 그림 11은 실적공정 데이터를 표현한 화면으로써 (1)은 2003년 10월 20일부터 12월 20일까지의 범위 내에서 진행된 실적공정 데이터를 파악한 화면이며 (2)에서와 같이 총 10개 페이지에 214개 작업이 진행된 것을 알 수 있다. (3)은 107동 18층 세대부 슬라브 거푸집 설치 작업의 실제 시작일이 2003년 12월 17일이며 종료일이 2003년 12월 17일로 실적공기가 1일이라는 것을 파악할 수 있으며 예정으로 설정했던 공기 2일 보다 1일 단축한 것을 파악할 수 있다. (4)는 101동 18층 세대부 벽 거푸집 설치 작업의 실제 시작일이 2003년 12월 19일이고 12월 20일 현재 까지 작업이 진행 중에 있으며 실적 공기가 2일이라는 것을 파악할 수 있다. 또한 현재까지 작업 진행 현황(to-date productivity)을 고려해 볼 때, 잔여물량을 완료하기 위해 예상되는 공기가 4일로서 예정 공기 3일보다 1일이 증가할 것이라는 것을 예상할 수 있다. (5)는 108동 16층 세대부 벽 철근배근 작업의 실제 시작일이 2003년 12월 19일 이며 종료일이 2003년 12월 19일로서 실적공기가 1일이라는 것을 파악할 수 있으며 예정으로 설정하였던 1일과 동일하게 진행된 것을 파악할 수 있다. 이와 같이 실적공정 데이터는 각 시설물별 개별 단위작업 대해 예정공기 대비 실적공기를 실시간 모니터링 할 수 있으며, 실제 시작일과 실제 종료일을 파악하고 각 단위작업별로 공기준수, 공기단축, 공기

ASIMO - 공종별 생산성 결과분석

공정	단위	종류	수량	단위	실적	계획	비율	비율
16층 01호	벽거푸집	벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%
		벽거푸집	121.23	m ²	121.23	121.23	100%	100%

그림 9. 공종별 생산성 결과분석

그림 10은 특정 평형(39평형)을 중심으로 세대수 및 층그룹에

지연 여부를 파악할 수 있는 장점을 지니고 있다.

그림 11. 단위작업별 실적공정 데이터

진도율은 현재 시점에서 공사 진행 정도를 공사 참여자들이 쉽게 이해할 수 있도록 퍼센트로 표현하는 것을 의미한다. ASIMO시스템 에서는 각 단위작업에 대한 작업시간 가중치에 달성물량을 곱하여 산정할 수 있으며 동별, 층별, 예정 대비 실적진도율로 구분할 수 있다. 즉, 개별 단위작업 항목들이 갖고 있는 예정물량과 과거 실적자료인 단위작업 노무량을 곱하여 노무자 투입량(M·H)를 산정할 수 있다.

$$MHA = PQ \times MHU \quad (식 4.1)$$

MHA : 단위작업 노무자 투입량(M·H)

PQ : 예정물량(unit)

MHU : 1단위당 작업량(M·H/unit)

식 4.1을 근거로 예를 들자면 1층 세대부 벽 거푸집 설치의 예정물량이 1006.62m²이고 과거 실적자료 기반으로 16.62m²당 0.2M·H의 작업량을 수행한다고 가정하면 단위작업 노무량은 20M·H가 된다. 이와 같이 개별 단위작업 노무량을 산정할 수 있게 되면 층별 단위작업군의 노무량 합과 해당 단위작업의 노무량의 비로 개별 단위작업의 가중치를 산정할 수 있다.

$$wa = MHA \div \Sigma Fwg \times 100 \quad (식 4.2)$$

wa : 단위작업별 가중치, %

Σfwg : 층 단위작업군의 노무량 합

식 4.2에 근거하여 예를 들면 프로젝트의 특정 층에 9개의 단위작업(A~I)이 있다고 가정하면 다음 표 7과 같은 단위작업별 가중치를 산정할 수 있다.

표 7. 1개층 분의 단위작업별 가중치의 예

구분	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Σfwg
PQ	500	1,000	1,500	1,000	500	500	500	300	300	4,430
unit	m	m ²	m ²	m ²	tf	tf	m ²	tf	m ³	
MHU	0.03	0.20	0.25	0.30	2.30	3.20	0.20	2.10	0.20	
MHA	15	200	375	300	1,150	1,600	100	630	60	
wa	0.3	4.5	8.5	6.8	25.9	36.1	2.3	14.2	1.4	

이와 같은 방법을 통해 층별 가중치 및 동별 가중치를 산정할 수 있으며 다음 그림 12는 동별 진도율을 표현하고 있다. 층별로 구성된 단위작업군의 노무량 합과 동별로 구성된 층별 단위작업군의 노무량 합 간의 비로 각 층별 가중치가 산정되고 개별 단위작업의 물량 달성도에 따라 그림 12와 같이 표현할 수 있다. 즉, 그림 12는 인천 A 현장의 데이터 수집 기간인 2003년 10월 중순부터 12월 중순까지 PDA가 수집한 물량 달성에 의해 진도율을 표현하고 있는 화면이다.

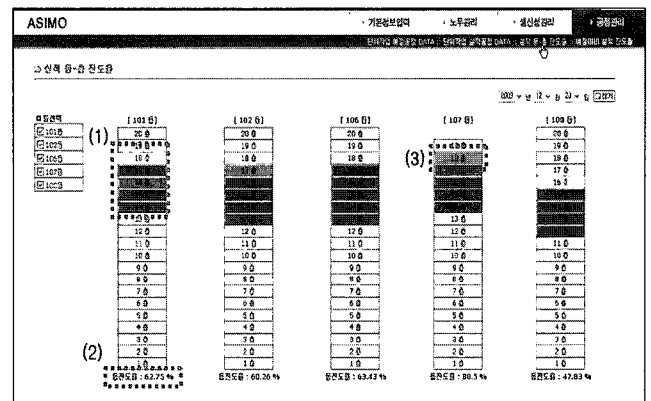


그림 12. 동별 진도율

먼저, (1)에서와 같이 공사가 완료된 층은 진한 녹색(14~17층)으로 공사가 진행중인 층은 연한 녹색(18층)으로 표현하고 동 입면 하단에는 (2)에서와 같이 동 진도율 62.75퍼센트를 파악할 수 있다. 이와 같이 각 동들에 대한 전체 진행 정도를 이해하기 쉽게 시각적인 생상과 숫자로 표현할 수 있으며 (3)에서와 같이 107동에 대한 해당 층을 선택하면 그림 13과 같은 층별 진도율을 파악할 수 있다.

그림 13. 층별 진도율

그림 13은 108동 16층 층별 진도율을 보여 주고 있으며 (1)에 서와 같이 갱폼 인양은 물량 달성도가 75퍼센트이고 가중치가 0.06이므로 해당 층에 있어 진도율이 4.5퍼센트 진행된 것으로 간주할 수 있다.

또한 (2)에서와 같이 세대부 벽 거푸집 설치작업의 경우, 물량 달성도가 65퍼센트이고 가중치는 0.30이므로 16층에 있어 해당 단위작업의 진도율은 19.5퍼센트 진행된 것을 알 수 있으며, 진 행된 개별 단위작업들의 진도율을 더한 108동 16층의 진도율은 (3)에서와 같이 현재까지 40퍼센트임을 알 수 있다.

5. ASIMO 시스템의 결과분석

A현장의 정보 수집 기간(2003년 10월 중순부터 12월 중순까 지) 동안 구체공사를 수행하기 위해 총 2,118명이 동원 되었고 2,098.6공수가 산정되었다. 또한 출역한 노무자들은 총 5개 동 에서 215개 단위작업을 수행하였으며 정보수집 기간에 한정하 여 출역한 노무자들이 각 단위작업에 투입된 작업시간을 파악하 고 이를 출역일보 및 작업일보 기능에서 날짜별로 자동 출력하 여 분석할 수 있게 하였다.

A현장 및 B현장에서 각 2개월간에 걸쳐 수집된 생산성 데이 터를 각 공종별 평균 값 및 범위로 도출해 보면 다음 표 8과 같 다.

표 8에서와 같이 A현장과 B현장 간에 생산성 데이터 결과 값 에 대한 차이를 분석해 본 결과, 대체적으로 A현장이 B현장 보 다 생산성 결과 값(먹메김 제외)이 높게 나타나고 있다. 단위작 업별로 살펴보면, 벽 슬라브 철근 배근, 벽 및 슬라브 거푸집, 거 푸집 해체 등은 B현장에서 현저히 낮은 생산성 결과 값을 보여 주고 있으며 B현장의 거푸집, 갱폼 인양, 거푸집 해체작업 등은

생산성 결과 값에 대한 범위가 현장 자체적으로도 상당한 차이 를 보이고 있는 것으로 나타나고 있다. 이에 대한 주요 원인을 현장 실무자와의 인터뷰를 통해 도출해 보면 다음과 같다.

1) 동 형태에 따른 차이 발생 : B현장의 층 당 세대수가 6세대 인 동들은 평면의 형태가 7자형 및 층계형으로 구성되어 있으 며 이러한 동에서는 생산성 결과 값이 비교적 낮은 것으로 나타 났다. 또한 B현장 내에서도 동의 평면 형태가 박스형과 복잡형 (7자형, 층계형)에 따라 갱폼 인양, 벽 거푸집 설치와 같은 작업 들은 생산성 결과 값에 영향을 주고 있는 것으로 분석되었다.

2) 학습효과에 따른 차이 발생 : 정보를 수집하는 시점을 기준 으로 A현장의 경우, 각 동의 14층부터 18층까지 비교적 고층부 작업이 진행되고 있었으며 B현장의 경우 2층부터 6층까지 저층 부의 작업이 진행이 진행되고 있었다. 이는 A현장의 경우 기준 층을 중심으로 지속적인 반복 작업을 노무자들이 수행함으로써 일정한 학습 패턴을 갖게 되었으며 이로 인해 저층부 중심의 B 현장 보다는 생산성 데이터 결과 값이 비교적 높게 나타난 것으 로 분석되었다.

3) 작업시기에 따른 차이 발생 : 정보를 수집한 시점을 기준으 로 A현장은 늦가을이었으며 평균 기온이 8℃, 우설(雨雪)이 온 경우는 16일(5mm 이상 8일)로 나타났다. 또한 B현장의 경우엔 는 겨울이었으며 평균 기온이 -3℃, 우설이 온 경우가 19일 (5mm이상 6일)로 나타났다. 따라서, 날씨에 대한 작업환경이 비교적 양호하였던 A현장이 B현장 보다는 생산성 데이터 결과 값이 양호한 것으로 파악되었다.

4) 작업난이도에 따른 차이 : A현장은 자원조달 및 작업조 배 치가 비교적 양호한 넓은 지역에서 작업이 수행되어 주변 환경 에 직·간접적인 영향을 받지 않는 것으로 조사 되었으며 B현장 은 경사지로서 도심지 재개발 공사였기 때문에 주변 환경에

표 8. A 및 B현장 간에 생산성 데이터 결과값 분석

공 종 명	생산성 데이터 평균값						생산성 데이터 범위			
	A현장			B현장			A현장		B현장	
	39평형	32평형	28평형	40평형	31평형	23평형	최소값	최대값	최소값	최대값
먹메김	36.57	38.58	31.17	57.95	37.19	26.41	22.91	40.65	20.31	62.65
갱폼 인양	7.85	7.63	8.62	7.35	8.54	8.59	6.87	9.35	6.04	11.56
벽 철근 배근	0.29	0.27	0.34	0.14	0.18	0.21	0.28	0.36	0.16	0.25
벽 거푸집 설치	7.72	8.00	7.76	5.93	6.75	6.92	5.81	8.67	4.05	8.21
계단 거푸집 설치	7.22	5.71	6.91				5.07	7.86		
슬라브 거푸집 설치	8.41	8.15	8.56	5.10	4.82	5.30	7.76	8.78	4.42	5.85
슬라브 철근 배근	0.30	0.29	0.32	0.17	0.19	0.21	0.26	0.36	0.15	0.23
콘크리트 치기	6.18	6.86	6.47	5.86	4.67	5.14	4.34	7.11	4.14	6.39
거푸집 해체	45.35	45.98	46.06	48.13	36.82	40.99	39.81	50.41	34.64	55.95

범례 : 먹메김(M·H/m), 갱폼 인양·벽 거푸집설치·슬라브 거푸집설치·거푸집해체(M·H/m²), 벽 철근배근·슬라브 철근배근(M·H/ft) 콘크리트 치기(M·H/m³)

직·간접적으로 영향을 받고 있는 것으로 조사되었다.

5) 작업 기준에 따른 차이 : 거푸집 설치와 같은 특정 작업의 경우, A현장에는 벽 거푸집과 계단부 거푸집을 구분하여 작업팀을 구성하였고 B현장은 벽거푸집과 계단 거푸집을 구분하지 않고 하나의 작업으로 설정하여 작업팀을 구성하였다. 이와 같이 작업 기준 설정에 따라서도 생산성의 차이가 나는 것으로 파악되었다.

6) 초기 공사계획의 적정성에 따른 차이 : 작업조의 숙련도에 따른 차이 : B현장의 철근 조립 작업과 거푸집 설치작업의 경우, 초기 공사 계획 수립시 부적절한 작업 인원 분배와 비효율적 학습효과로 인해 작업조의 생산성 A현장에 비해 상대적으로 저하되었음을 알 수 있었다.

따라서 단위작업을 기준으로 수집된 생산성 결과 값들은 해당 현장의 영향요소에 따라 차이가 발생하고 있음을 알 수 있었다. 이러한 영향요소들과 작업 생산성 간의 보다 명확한 상관관계를 규명하기 위해서는 데이터웨어하우스 및 데이터마이닝(neural network, regression analysis 등) 기법을 활용한 생산성 분석과 예측에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

6. 결론

단위작업을 기준으로 발생하는 노무자의 작업시간은 진행된 실적물량 정보와 연계되어 생산성 데이터로 가공되고 이는 다시 단위작업의 공정과 연계되어 잔여 작업 일정에 대한 예측 및 작업조 운영계획 조정 등 공정관리와 관련된 다양한 원천데이터로 제공될 수 있다. 본 연구에서는 PDA 및 바코드를 활용하여 노무자의 작업정보를 수집하고 이를 생산성 정보로 가공하여 공정관리를 지원할 수 있는 ASIMO를 제안하였다. 본 연구를 통해 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

1) 단위작업을 기반으로 발생하는 노무자의 작업정보 요소를 작업시간, 실적물량, 작업조건 등으로 규정하고 PDA 및 바코드를 활용한 작업정보 수집 방법론을 제시하였다. 또한, 수집 정보를 토대로 단위작업별 투입인원, M·H, 실적물량, 생산성(unit/M·H), 노무량(M·H/unit), 환산인원 등의 주요 정보를 산출하였으며 이를 통해 단위작업별 잔여 일정 예측, 진도율 산정 등 주요 공정관리 지원 데이터를 도출함으로써 ASIMO 시스템의 적용성을 검증하였다.

2) ASIMO 시스템의 효용성 검증을 위해 공동주택 구체공사를 수행 중인 인천 A현장 및 서울 B현장에 개발 시스템을 약 60여일간 적용하였으며 시스템이 제공하는 주요 화면을 대상으로 현장 적용을 통해 도출된 결과 값의 중요성과 의미를 분석하였다.

3) 시설물의 평형을 기준으로 한 생산성 데이터들의 범위(최소, 최대)와 평균값을 비교·분석한 결과, 인천 A현장이 서울 B현장 보다 생산성 데이터의 평균값이 비교적 양호하게 나타났으며 생산성 데이터의 범위도 적은 것으로 나타났다. 이러한 원인은 동 형태에 따른 차이, 학습효과에 따른 차이, 작업시기에 대한 차이, 작업난이도에 대한 차이, 작업 기준에 따른 차이, 초기 공사계획의 적정성에 따른 차이 등으로 인해 발생하였음을 알 수 있었다.

현재 본 연구의 결과물인 실적공정 데이터를 상용 공정관리 프로그램과 연계시키고 정보수집 도구인 바코드를 RFID로 대체하는 연구가 진행 중에 있다. 후속 연구로서 생산성에 영향을 미치는 영향인자를 도출하고 데이터웨어하우스, OLAP 및 데이터마이닝 기법을 활용하여 생산성 데이터를 다차원적으로 분석하여 생산성 예측모델을 제시하는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 이러한 결과를 토대로 작업생산성 개선 방안과 효과적인 작업계획을 위한 정보 제공 방안이 제시 될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2005년부터 진행된 과학재단 목적기초 연구과제(R01-2005-000-10999-0)로 수행 되고 있으며 연구 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 박찬정, "일일공정 Check system을 활용한 인력관리 사례 연구", 한국 건설 관리 학회 논문집, 5권 1호, p.124~133, 2004.
2. 안용선, "작업분석에 의한 철근 콘크리트조 거푸집 공사의 관리 방안에 관한 연구", 한양대학교 박사학위 논문, 1993.
3. 오세욱, 김영석, 이준복, 김한수, "PDA 및 바코드 기술을 이용한 건설 노무정보의 수집 및 활용", 한국 건설관리 학회 논문집, 5권5호, p55~65, 2004.
4. 이두진, 최민권, "아파트 골조공사의 작업실태에 대한 조사 연구", 대한건축학회 논문집, 11권6호, p181~192, 1995.
5. 정인환 외 3명, "아파트공사의 주요 공정별 공정 및 생산성 분석", 대한 건축학회 논문집, 11권 5호, p.269~275, 1995.
6. 주택공사, "2002년도 주택 통계 편람", 대한 주택공사, 2002.
7. 조훈희 외, "공사실적정보 축적을 위한 작업일보 기반의 현장관리 시스템 개발", 대한 건축학회 논문집, 17권 11호,

p123~131,2001.

8. Navon, R., Goldschmidt, E., "Can Labor Inputs be Measured and Controlled Automatically?", ASCE, Journal of Construction & Management, Vol.129, No.4, pp437~445,2003.
9. www.natara.com

논문제출일: 2005.07.12

심사완료일: 2005.10.20

Abstract

Labor work information can be converted into the useful construction information in an effort to analyze project status, measure performance, and design a new similar project plan. The labor work information can also be used to make productivity data, which can be used to analyze the relationship between 'as planned' and 'as built' in scheduling management of a project, and to calculate 'percent completion' as well as analyzing delay cause. It is require to effectively collect the labor work information base on the activities. In general, current project management heavily depends on the experience and judgment of project managers, according to the work progress. However, relying on the only experience and judgment of the project managers might deteriorate the transparency or reliability of the collected labor work information. The purpose of this research is thus to develop a computer-based system for monitoring the work information generated by labors input in activities using PDA and Barcode technologies, and to propose a application method of the productivity data for effective project management

Keywords : Labor, Work information, Information technology, Productivity management, Time management
