

공동주택 생산성 데이터 수집/분석을 위한 WBS 개발

WBS Development for Acquisition and Analysis of Public Housing Productivity Data

김재우* 김예상** 김영석*** 김상범****
 Kim, Jae-Woo Kim, Yea-Sang Kim, Young-Suk Kim, Sang-Bum

요 약

생산성은 모든 생산조직의 건설성 및 생산 활동의 효율성 평가를 위한 매우 중요한 경영 지표 중 하나로서 생산성의 기능은 건설 산업에 있어서도 예외일 수 없다. 그러나 국내의 경우 생산성의 중요성과 그 기능에도 불구하고 건설 생산성 관리와 관련된 사항은 대부분 현장관리자의 경험과 직관에 의존하고 있으며 생산성 데이터를 데이터베이스화하여 공사계획 및 관리에 적극 활용하지 못하고 있다. 이러한 문제는 생산성 데이터와 관련된 정보의 수집 및 분석 방법이 체계적이지 못한 결과로, 생산성 데이터의 효과적인 활용을 위해 우선적으로 WBS 개선이 이루어져야 한다. 따라서 본 연구에서는 연구문헌 분석, 해외사례 분석으로 연구에 적용함에 따른 적합여부 및 개선사항을 도출하고, 현장 인터뷰를 통해 현장여건을 반영한 후, 설정된 기본방향을 바탕으로 생산성 데이터 수집 및 분석을 위한 WBS를 구축하였다. 마지막으로 생산성 데이터 수집 및 분석을 위한 체계로의 검증 실시하였다. 향후 구축된 WBS를 통해 수집된 생산성 데이터는 OLAP을 이용한 생산성 분석 및 Data Mining을 이용한 생산성 예측에도 활용될 것으로 기대된다.

키워드: 생산성 데이터, 작업분류체계, 생산성 관리, 생산성 예측

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

생산성은 모든 생산조직의 건설성 및 생산 활동의 효율성 평가를 위한 매우 중요한 경영 지표 중 하나로서 이러한 생산성의 기능은 건설 산업과 건설 프로젝트에 있어서도 예외일 수 없다. 건설 프로젝트에 있어 생산성 정보는 공사 진행의 효율성 파악, 잔여 작업의 시공 방법 및 작업조 구성 결정, 작업 여건 및 투입 자원의 성능이 전체 공정에 미치는 영향 정도, 프로젝트별 성과

측정 및 잔여 작업의 예측, 향후 공사 계획 수립을 위한 기초 자료의 활용 등 주요 공사 관리의 기능을 지닌다.(이현정 외 2006)

이러한 생산성의 기능을 활용하기 위해서는 단위작업을 중심으로 발생하는 노무자 작업정보(투입시간 대비 실적물량)와 이에 영향을 준 영향 요인들의 수집 및 분석이 필수적으로 수반되어야 한다. 그러나 국내의 경우, 생산성의 중요성과 그 기능에도 불구하고 건설 생산성 관리와 관련된 사항은 대부분 현장관리자의 경험과 직관에 의존하고 있으며 생산성 데이터를 데이터베이스화하여 공사계획 및 관리에 적극 활용하지 못하고 있다.

한편, 건설 프로젝트에 있어 생산성 정보의 효율적 활용을 위해서는 공종 및 작업을 기반으로 한 정보 수집이 이루어져야 하나, 기존의 관리 현황을 살펴보면 수집된 생산성 데이터는 공수 산정 등의 원가관리 참고자료의 기초 자료로 활용될 뿐이며, 단위작업과의 연계를 통한 다양한 공사 관리 정보로 활용되지 못하고 있는 한계성을 지닌다.(오세욱 외 2004) 또한, 공종 및 작업 기반에서 정보 수집을 위해 기존 문서(출역 및 작업일보)나 작업관찰에 의한 수집 방법 정도가 적용되고 있다. 건설 생산성 데이터는 일별(daily)을 기준으로 할 때 항상 동일한 작업 조건

* 일반회원, 성균관대학교 건설환경시스템공학과, 석사과정, lycos119@skku.edu

** 종신회원, 성균관대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), yskim@skku.edu

*** 종신회원, 인하대학교 건축학부 부교수, 공학박사, youngsuk@inha.ac.kr

**** 종신회원, 동국대학교 사회환경시스템공학과 조교수, 공학박사, kay95@dongguk.edu

본 연구는 한국과학재단 연구비 지원에 의한 연구의 일부임. 과제번호 R01-2005-000-10999-0

에서 생산되지 않고 여러 요인들에 의해 복합적으로 영향 받고 있으나 이와 관련된 데이터의 수집 및 상호관계를 규명하고 있는 방법론이 없는 것으로 파악되었다.

이러한 문제는 생산성 데이터와 관련된 정보의 수집 및 분석 방법이 체계적이지 못한 결과로, 특히 기존의 작업분류체계 (Work Breakdown Structure, 이하 WBS)가 개선되어야 할 필요가 있다. 즉, 기존의 WBS는 생산성 데이터 수집 및 분석을 위한 목적에 중점을 둔 것이 대부분 아니므로, 생산성 데이터 활용 측면에서 데이터를 수집하고 효율적으로 활용하기 위한 WBS 개발이 선행되어야 한다.

따라서 건설 생산성 관리 및 예측을 위한 데이터 수집 및 분석의 기초가 되는 WBS 개발이 본 연구의 목적이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

공동주택은 국내 건축공사에 있어 40% 이상을 차지하고 있는 대표적인 공사이며, 그 중에서도 구체공사는 작업 공정표상에서 주 공정을 이루고 있는 핵심 공정이므로, 본 연구에서도 공동주택 구체공사를 대상으로 한 WBS를 연구의 범위로 설정하였다. 생산성 데이터 수집 및 분석을 위한 WBS 개발 연구 수행 방법은 다음과 같다.

먼저, 국내의 연구문헌 고찰 및 해외사례 WBS 분석을 통해 본 연구에 적용함에 따른 적합여부 및 개선사항을 도출하고, 현장 인터뷰 실시로 작업자 중심의 현장 여건을 반영하였다. 또한 단위작업에 영향을 미치는 영향요인과 생산성 분석 요인을 도출한 후, 설정된 기본방향을 바탕으로 생산성 데이터 수집 및 분석을 위한 WBS를 구축하였다. 마지막으로 생산성 데이터 수집 및 분석을 위한 체계로의 검증 실시하고, 향후 구축된 WBS를 바탕으로 한 활용방안을 제시하였다. 본 연구의 전체적인 연구흐름은 그림 1과 같다.

2. 생산성 데이터 활용을 위한 WBS 필요성 및 기존 WBS 사례 분석

2.1 생산성 데이터 활용을 위한 WBS 필요성

WBS는 프로젝트의 전체 범위를 조직하고 정의하는 산출물에 근거한 프로젝트 요소의 그룹이면서 업무수행 단계별 업무 계획 및 관리를 위해 프로젝트의 작업항목(works elements)을 논리적인 위계로 구분한 체계를 말한다.(하승호 외 2004) 그러나 통상적인 개념의 기존 WBS는 생산성 데이터 활용을 위한 목적에

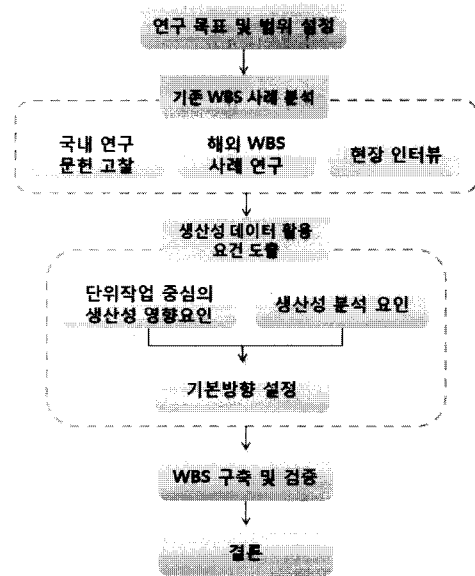


그림 1. 연구흐름

중점을 둔 것이 아니므로, 공중 및 단위작업 중심의 노무자 작업 정보와 영향 요인들에 대해서 생산성 데이터 수집 및 분석에 적합한 WBS가 필요한 것이다. 즉, 생산성 데이터 관리 및 예측을 위한 데이터 흐름 및 분석의 효율성, 현장 체계와의 유사성과 데이터 수집의 용이성을 고려한 WBS 개발이 이루어져야 할 것이다.

2.2 기존 WBS 사례 분석

WBS는 생산성 데이터를 취합하는 기본단위로써, 노무자의 작업 정보를 수집하기 위한 노무자의 작업 영역을 기준으로, 시설물의 위치정보와 구체공사의 공중 분류 간 분할 및 위계를 통해 구성되어야 한다. 이런 방법론을 세우기 위해 기존 연구문헌 고찰과 해외사례 WBS를 분석하여, 본 연구에서 필요로 하는 WBS의 특징과 비교하고, 현장 인터뷰를 바탕으로 현장여건을 반영하여 개선사항을 도출하였다.

2.2.1 국내 연구문헌 분석

WBS의 구축 및 활용방안에 대한 연구들은 현재에 이르기까지 많은 연구자들과 연구기관에서 이루어져 왔으며, 국내에서도 WBS 대한 연구들이 진행되어 왔다. 국내 WBS 관련 연구 내용들을 간략히 살펴보면 표 1과 같다.

김동춘(2001)은 재해정보 분류체계를 시설물 분류, 공중별 분류, 부위별 분류 등의 8단계로 하여 필요한 재해정보를 누구나 접근이 용이하고 효율적인 건설재해 예방이 가능한 분류체계를 구축하였다. 박환표(2004)는 건설관리 분야에서 각 업무의 정보

활용도 측정모델 제시를 통한, 건설업체마다 정보분류체계 활용도를 측정하고 설계, 견적, 공정관리, 원가관리의 정보 활용도를 평가하였다. 그러나 이와 같이 WBS 구축 및 활용에 대한 연구들은 각각의 프로젝트 특성에 적합한 목적의 연구들이므로, 생산성 데이터를 수집하여 분석에 위한 적합한 분류체계로 활용하기에는 한계가 있으며, 이와 관련된 연구도 부족한 실정이다.

특정기초연구(2004)¹⁾에서는 공동주택 구체공사의 특성을 반영하여 노무, 생산성, 공정 정보의 분류, 수집, 축적 및 활용을 위해 구축된 WBS가 적용되었다. 이는 본 연구의 범위와 생산성 활용을 위한 WBS라는 점에서 동일하다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 부위 및 공종별 하이브리드 형 방식의 WBS를 채택하고 있으며 여기서는 시설물 정보를 동, 지상/지하, 층으로 구분하여 상위레벨로 나누고, 그 하위레벨로써 세대부, 공통부, 계단부로 부위를 분류하고 있으며, 최하위단계에서 공종을 분류하고 있다.

표 1. 국내 WBS 관련 연구

분류	저자	내용
WBS 구축	김동춘 (2001)	재해정보 분류체계를 8단계로 하여 사용자가 위험공종에 대해 위험성평가를 실시하기 위한 기초적인 정보제공 위한 분류체계 구축
	하승호 (2004)	강교량 제작 업무 프로세스와 제작공종별 발생정보의 흐름과 정보관리 레벨을 분석함으로써 효율적인 정보관리를 위한 WBS 구축방안 제시
WBS 활용	박원표 (2004)	건설관리 분야 각 업무의 정보분류체계 분석, 기 구축된 정보분류체계 각 파셋의 활용정도 분석 및 활성화 방안 제시
	윤석현 (2005)	지방국도관리청의 도로공사를 중심으로 내역체계와 공정체계를 활용할 수 있는 방안 제시
생산성 관련 WBS	특정기초연구 (과학재단) (2004)	공동주택 구체공사의 특성을 반영하여 노무, 생산성, 공정 정보를 통합관리하기 위한 작업분류체계 적용

상위레벨인 시설물은 동에서 지상/지하로, 지상/지하에서 각 층으로 구분되어 지는데, 각층은 1층(필로티), 2층(기준층), 16층 이상으로 구분되어 진다. 여기서 층간구별을 당시 기준층과 16층 이상으로 구분한 것은 소방법에 의한 스프링클러(sprinkler) 설치로 인해 2층(기준층)과 16층 이상으로 구분이 필요했기 때문이다. 그러나 현행 법률에 따르면 스프링클러설비를 설치하여야 하는 특정소방대상물은 층수가 11층 이상인 특정소방대상물의 경우에는 전 층에 설치하여야 한다는 개정된 규정²⁾에 의해 기준층과 16층 이상을 구분하는 것은 불필요한 분류로 판단된다. 그리고 현장 정보수집 대상 공사에는 1층에 필로티가 존재하

여, 기준층과의 구별이 필요했다.

하위레벨인 부위 단계는 공통부, 세대부, 계단부로 구분되어 있다. 코아부에 해당되는 계단부를 제외한 나머지 세대부, 공통부는 현재의 공동주택 현장특성상 코아부가 선 시공된 후 세대부와 공통부 골조공사가 동시에 진행됨을 고려한다면, 코아부를 제외한 나머지 부위를 구분 짓는다는 것은 의미가 없다. 따라서 기존 연구의 WBS는 현행 법규의 적용과 시설물과 부위에 대한 불필요한 부위까지 분류되었음을 알 수 있고, 단위공종 생산성에 영향을 주는 요인들과의 연계방안도 필요하다고 판단된다.

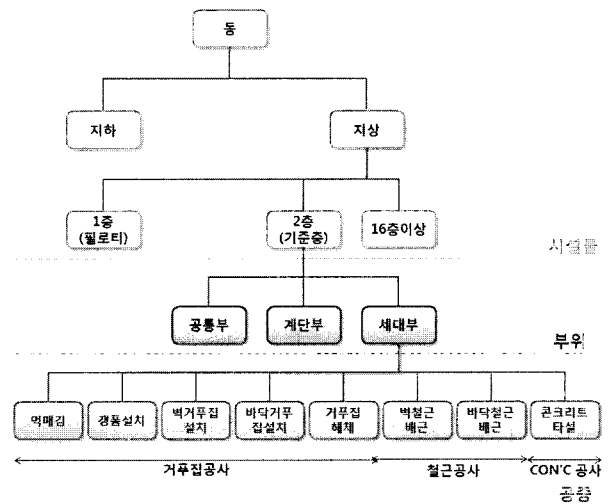


그림 2. 선행연구의 WBS 체계

2.2.2 해외 WBS 사례 분석

본 연구에서는 RS Means를 중심으로 해외사례를 분석하였다. RS Means는 공종별 생산성 데이터를 근거로 북미지역에서 공사전적에 활용되고 있는 자료로서 데이터의 공신력이 매우 높고, WBS의 체계가 구체적이며 실용적이다.

RS Means의 WBS는 공종을 대공종, 소공종, 작업, 세부항목의 4단계로 매우 상세히 분류해 놓았으며, 세부항목별 작업조편성과 매일의 생산량, 노무투입시간 등을 명시해놓았다. 공종은 현장 시공 공사, 콘크리트 공사, 마감 공사 등 17개의 공종으로 분류되어 있고, 단가 영역과 참조 영역으로 구성되어 있다. 단가 영역은 작업인원, 노동시간으로 Q/DAY 산출, 자재의 사이즈별 등으로 단가를 산출한다.

표 2는 「Doors & Windows」, 「Concrete」에 대한 상세한 대공종의 분류 예를 나타낸 것이다. 「Door & Windows」의 경우만 보더라도, 대공종을 Metal Door & Frames, Wood & Plastic Doors, Specialty Doors, Entrances & Storefronts,

1) 건설 프로젝트 정보관리 효율화를 위한 PDA 및 Barcode 적용기술 개발 (과제번호 : R01-2001-000-00449-0)
 2) 소방시설설치유지및안전관리에관한법률 시행령 제15조 (특정소방대상물의 규모 등에 따라 갖추어야 하는 소방시설등), [별표 4]

Windows, Skylights, Hardware 등의 대공종으로 분류해 놓았으며, Concrete의 경우도 마찬가지로 Concrete Forms & Accessories, Concrete & Reinforcement, Cast-in-Place Concrete, Precast Concrete, Cementitious Decks & Toppings 등의 대공종으로 자세히 분류되어 있다.

그림 3은 대공종, 소공종, 작업, 세부항목의 4단계의 분류를 나타내는데, 공중/부위/작업조에 따른 WBS이다. 이는 국내 현장 실정에 맞는 생산성 데이터 수집 및 분석에 필요한 WBS에 비해 자재의 종류별 및 시설물의 부위별로 상세히 정리되어 있음을 알 수 있다.

표 2. 「Doors & Windows」, 「Concrete」의 대공종

구분	대공종 분류
Doors & Windows	08100 Metal Door & Frames
	08200 Wood & Plastic Doors
	08300 Specialty Doors
	08400 Entrances & Storefronts
	08500 Windows
	08600 Skylights
Concrete	08700 Hardware
	03100 Concrete Forms & Accessories
	03200 Concrete & Reinforcement
	03300 Cast-in-Place Concrete
	03400 Precast Concrete
03500 Cementitious Decks & Toppings	

(RSMeans 2001)

Level1 (대공종) Level2 (소공종) 작업조 편성

03100 Concrete Forms & Accessories		CREW	DAILY OUTPUT	LABOR REQS	UNIT	2001 BARE COSTS				TOTAL INCL O&P
03110 Structural C.I.P. Forms	MAT.					LABOR	EQUIP.	TOTAL		
0010 FORMS IN PLACE, BEAMS AND GIRDERS										
0500 Beams & girders, exterior spandrel, plywood, 12" wide, 1use		C-2	225	.213	SFCA	2.43	6.05		8.48	12.15

Level3 (작업) Level4 (세부항목)

그림 3. RS Means의 4단계 WBS

RS Means는 프로젝트의 크기, 지역특성, 기후조건 등 생산성 영향요인을 고려하는 점(단, 시공사의 재정상태, 대체공법은 제외)과 생산성 데이터를 Q/M·H로 표현하는 점에서 본 연구 목적과 일치하고 여기서 보여주는 데이터는 본 연구에서 얻고자 하는 데이터와 그 형태가 비슷해 참고가 가능하지만, RS Means의 WBS는 국내의 현장 작업 수행 현황에 비해 상세하게 구분되어 있다. 이와 같이 단위공종작업 중심의 생산성 데이터 수집 목적이 아닌 부재단위 원가를 관리하기 위한 RS Means는 현장에서의 데이터 수집의 어려움이 발생하는 한계를 가진다.

다. 따라서 본 연구의 분류는 공동주택 구체공사의 단위작업을 중심으로 한 생산성 데이터 수집 및 분석에 맞게 간략화 시킬 필요가 있다.

그 외 해외 WBS 관련 연구들을 살펴보면 표 3에서와 같이 간략히 나타내었다. H. W. Lanford (1983)는 공정원가를 효율적으로 계획하고 관리할 수 있는 WBS의 활용방안을 제시하였고, A.P. Hameri (2002)는 규모가 큰 프로젝트에서 데이터 관리를 위한 시스템 개발에 필요한 분류체계를 제안하였다. 이와 같이 해외에서 사용되고 구축된 WBS는 공정원가 중심의 WBS 개발이 많이 이루어지며, 본 연구의 목적에 적합한 연구 진행이 부족함을 알 수 있다.

따라서 국·내외 WBS 사례 분석을 통해 나타난 현행법규 준수, 불필요한 분류체계 제거, 부재단위 원가관리가 아닌 단위작업 중심의 현장 데이터 수집의 용이성 측면을 보완한 WBS 개발이 이루어져야 할 것이다.

표 3. 국외 WBS 관련 연구

분류	저자	내용
공정원가 관리	H. W. Lanford (1983)	큰 프로젝트의 제안된 원가와 공정을 효과적으로 계획하고 관리를 위해서 WBS의 활용방안과 유용성 제시
	Youngsoo Uung (2004)	공정원가 통합관리를 위한 유동적인 WBS 제시, 많은 양의 데이터 관리의 수고를 덜기 위한 의도로 제안된 WBS는 모든 구성요소를 엄격한 계층구조를 가질 필요 없이 표준분류코드를 활용한 유동적인 방법 제안
	R. Dilibabu (2005)	비용견적 소프트웨어에서 사용된 기존의 WBS는 개인적인 경험에 의존한 WBS로 가정에 의한 편견과 결점이 존재함, 따라서 COCOMO II, 2000 model을 활용한 방안 제시
프로젝트 관리	A. P. Hameri (2002)	규모가 큰 프로젝트에서 효율적인 데이터 관리를 위해 프로젝트, 조립, 원가, 작업 등의 각각의 분류체계 적용을 통한 관리 시스템 제안
	Zhaoyang Mao (2005)	건설 프로젝트에서 건설부지계획을 위한 4D 어플리케이션을 적용함에 필요한 WBS 제안

2.2.3 공동주택 현장 분석

공동주택 현장의 구체공사 작업 중심의 WBS 및 작업조 구성을 파악하여 실용적인 WBS 구축을 위한 기초 자료를 확보하기 위해서 일반 및 전문 건설업체 직원을 대상으로 면담을 실시하였다. 아래 표 4는 현장 인터뷰에 대한 개요이다.

표 4. 현장 인터뷰 개요

구분	A현장	B현장	C현장
조사일시	2005년, 7월	2005년, 8월	2005년 8월
공사대상	아파트 골조공사	오피스텔 골조공사	아파트 골조공사
인터뷰대상	전문건설업체 S사 소장	전문건설업체 B사 소장	일반건설업체 K사 차장

A현장에서는 구체공사에 대해 거푸집공사 팀, 철근공사 팀, 콘크리트공사 팀, 계단공사 팀으로 작업조가 구성되어 있었다. 구성된 작업조를 중심으로 부위별에서 공종별로의 WBS를 사용하였다. 공통부와 세대부를 통합하였고 1층을 기준층으로 하고 옥탑층을 별도로 반영한 WBS로 구성되어있다.

표 5는 A현장의 기준층에 대한 WBS를 나타낸다. A현장의 WBS는 시설물/부위/공종의 위계로 분류되며, 총 8단계로 나누어져 있다. Level 1의 각 동은 Level 2에서 지상과 지하로 분류된다. 지상은 Level 3에서 1층(기준층)과 옥탑층으로 분류되고, 다시 Level 4에서 공통 및 세대부와 계단부로 나누어진다. Level 5에서는 소부위에 해당하는 외벽/내벽/바닥으로 분류되고, Level 6에서는 대공종, Level 7에서는 중공종인 거푸집 공사/철근공사/콘크리트 공사로 분류된다. 최하단계인 Level 8에서는 각각의 중공종에 대한 하위단계로, 소공종에 해당하는 단위 작업으로 나누어져 있다.

표 5. A현장 기준층에 대한 WBS

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8			
	시설물			부위		공종					
A 건축 현장	동	지상	1층 (기준층)	공통부 및 세대부	외벽	철근콘 크리트 공사	거푸집공사	갱폼인양			
								막매김			
								거푸집설치			
					내벽			계단 거푸집 설치			
								바닥	거푸집 해제		
									철근가공		
				계단부	-	-	-	-	-	-	콘크리트 타설
											콘크리트 공사
											비계(옥탑)
											-

B현장은 작업조 구성에 있어서 계단부에 대한 작업조가 별도로 구성되지 않고 숙련공 위주의 작업조가 계단부 작업을 수행하였다. 그리고 기준층은 공통부와 계단부를 통합한 공통 및 계단부와 세대부로 분류하였다. C현장은 B현장과 유사하게 계단부의 작업조가 별도로 구성되지 않았으며, 지상의 레벨을 기준층만으로 분류하고 옥탑층을 별도로 구성하지 않은 공통부와 세대부를 통합한 WBS를 사용하였다.

각 현장에서의 작업은 모두 작업조를 중심으로 수행되며, 크게 철근조, 형틀조, 타설조로 나누어 골조공사가 진행되었다. 이러한 작업조는 골조공사 공종에 따라 작업하게 되며, 골조공사의 공종은 막매김 및 레벨설치, 갱폼 인양, 벽철근 조립, 내벽거푸집 설치, 바닥거푸집 설치, 바닥철근 조립, 콘크리트 타설 등 7~9개의 공종으로 구성되어 있다. 하지만 이런 공종 내에서도 계단부는 철근조립이나 거푸집설치에 있어서 작업이 복잡한 이

유로 숙련된 기능공이 투입되기 때문에 계단부와 세대부의 작업조는 분리되어 있다고 할 수 있다. 따라서 공종, 작업단위로 관리되는 현장의 여건을 고려하여, 본 연구에서 개발될 생산성 데이터 활용을 위한 WBS는 공종단위에서 생산성 데이터 수집이 가능한 체계로 구축될 것이다.

3. 생산성 데이터 활용을 위한 요건 도출

3.1 WBS 개발을 위한 기본방향 설정

본 연구의 주요 관점인 생산성 데이터는 작업조의 노동시간에 따른 물량을 확인하는 것, 다시 말해 주어진 물량을 달성하는데 필요한 인력, 장비 등의 자원 투입량(M·H)을 확인하는데 있으므로, 본 연구의 WBS는 작업 정보 수집을 위한 작업 범위를 기반으로 하여야 하며, 이를 위해서는 현장 여건 반영이 필수적이라고 할 것이다. 따라서 현장에서 실제로 운영되고 있는 작업조의 구성과 WBS에서 제시되는 최하위 레벨의 단위작업과의 유사성이 절실하게 요구된다.

WBS 분류에 있어서 코아부에 해당되는 계단부는 철근조립이나 거푸집설치에 있어서 복잡한 작업으로 인하여 숙련된 기능공을 투입하지만, 거푸집공사, 철근공사, 콘크리트 공사의 범위는 벗어나지 않는다. 또한 1층의 필로티와 같은 특수구조물을 설치하여 기준층과 구분하는 이유는 토지이용, 커뮤니티 공간연계, 주차장 공간 확보 등으로 활용되기 위함이다.(황경진과 이찬식 2007) 이 역시 기동부재에 대한 구체공사이므로 생산성 분석을 위한 조건으로는 사용되나 거푸집, 철근, 콘크리트 공사의 범위 내의 공종을 가진다고 할 수 있다.

따라서 본 연구의 WBS 개발을 위해 만족하여야 하는 조건들은 다음과 같다.

- 1) 생산성의 기능을 활용하기 위해 단위작업 중심으로 발생하는 노무자 작업정보(투입시간 대비 실적물량)와 이에 영향을 준 영향 요인들의 수집 및 분석을 위한 WBS이어야 한다.
- 2) 개발될 최종 WBS는 현행 법규에 위배되지 않아야 한다.
- 3) 불필요한 분류로 인한 너무 상세한 구조는 비효율적이므로 현장 상황에 맞는 WBS이어야 한다.
- 4) 각 현장에서의 작업은 모두 작업조를 중심으로 수행되며, 특히 계단부는 철근조립이나 거푸집설치에 있어서 작업이 복잡하여 숙련된 기능공이 투입되기 때문에 계단부와 세대부의 작업조는 분리되어 있는 WBS이어야 한다.
- 5) 생산성 관리 및 예측을 위한 데이터 흐름 및 분석의 효율성, 현장 체계와의 유사성과 데이터 수집의 용이성이 있는

WBS이어야 한다.

6) 생산성 분석에 필요한 요건들은 단위작업 생산성 영향요인과 더불어 충족시킬 수 있는 WBS이어야 한다.

3.2 단위작업 중심의 생산성 영향요인

건설 생산성 영향요인은 생산성 향상과 저해요인으로 나누어 설명하기 전에 발주자, 공사 관리자, 작업자 등 여러 건설 사업 관련 주체들의 관점과 영향요인 관련 정보의 성격, 정보 수집방법 및 시기, 측정하고자 하는 생산성에 직접적 혹은 간접적으로 영향을 미치느냐 그리고 공사 진행 중 어떠한 시점에서 설정되어 지느냐에 따라서 분류되어야 한다.(문우경 외 2006) 본 연구에서는 단위작업 중심의 생산성 활용에 영향을 미치는 요인으로, 공동주택 골조공사의 단위작업관점의 생산성 영향요인과 생산성 데이터 수집에 필요한 물량정보가 동시에 반영되어야 한다. 따라서 표 6과 같이 작업 관점의 생산성 영향요인으로 해당 작업이 진행되기 직전에 수집 가능한 작업일의 날씨, 장비용량, 작업조 구성 및 자재의 종류 등이 이에 해당한다고 볼 수 있다. 표 6은 생산성 데이터 수집을 위한 WBS에 반영되어야 할 단위작업 중심의 생산성 영향요인을 나타낸 것이다.

표 6. 단위작업 관점의 생산성 영향요인

요인 특성	작업 관점 생산성 영향요인
설정 및 수집시기	공동주택 단위작업 진행 직전
정량적 정보 획득	단위작업상의 기상, 자재 등의 수량적 정보 획득
영향 요인	작업조 구성 : 기공, 조공
	장비 : 타워크레인, 펌프카
	자재 : 철근, 거푸집, 콘크리트
	기상 : 계절, 기온

3.3 생산성 분석을 위한 WBS 개발 요인

공동주택 골조공사의 단위작업 중심의 수집된 생산성 데이터를 바탕으로 생산성 분석을 실시하여, 생산성 저하요인과 향상요인의 원인을 규명하고 향후 진행될 공사에 반영할 수 있어야 한다.

생산성 관리의 구성은 생산성 조회, 생산성 비교, 생산성 결과 분석, 생산성 조건으로 구분할 수 있다.(오세욱, 2005) 따라서 생산성 분석에 필요한 이런 요건들은 단위작업 생산성 영향요인과 더불어 충족시킬 수 있는 WBS가 구축되어야 한다. 표 7은 수집된 데이터와 영향요인을 활용하여 분석할 항목들을 도출한 것이다.

표 7. 생산성 분석 항목

구분	분석 항목	
시설물별 생산성	동별 비교·분석	1층, 2층 등
	층별 비교·분석	1층, 기준층
	세대수별 비교·분석	3세대, 4세대 등
	평형별 비교·분석	24평, 30평 등
부위별 생산성	계단부, 세대부 비교·분석	수평부재, 수직부재
공동주택 생산성	거푸집 공사 분석	역매김, 외벽거푸집설치, 내벽거푸집설치, 바닥거푸집설치, 거푸집 해제
	철근 공사 분석	벽철근조립, 바닥철근 조립
	콘크리트 공사 분석	콘크리트 타설
영향요인 분석	작업조에 따른 생산성	기공, 조공
	장비 용량에 따른 생산성	타워크레인, 펌프카 등
	자재별 생산성	철근, 거푸집, 콘크리트
	기상에 따른 생산성	날씨, 기온

4. 생산성 데이터 활용을 위한 WBS 개발 및 검증

4.1 생산성 데이터 활용을 위한 WBS 개발

본 연구의 최종 WBS 개발을 위해 언급한 6가지의 조건을 만족하고 공동주택 생산성 데이터 활용측면에서의 기본 체계 효율성에 근거한 두 가지의 연구가설을 동시에 고려하였는데, 이는 다음과 같다.

- 가설 1. WBS의 최하위 레벨에 존재하는 동일한 작업을 수행하는 독립적인 작업조가 존재한다.
- 가설 2. WBS의 최하위 레벨에 존재하는 작업에서 수집되는 생산성 데이터의 단위와 실적물량의 단위는 같다.

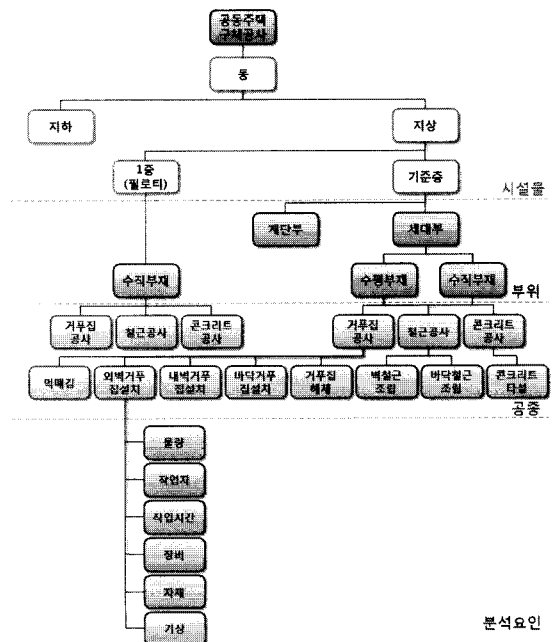


그림 4. 생산성 데이터 활용을 위한 WBS

이는 작업조 노동시간에 따른 물량을 확인하는데 그 목적이 있으므로, 작업조 중심의 현장 여건이 반드시 반영되어야 하기 때문이다. 위의 가설을 바탕으로 구축된 최종 WBS는 그림 4와 같다.

개발된 최종 WBS의 분류는 시설물의 분류, 부위에 따른 분류, 공종 분류, 단위작업 중심의 분석요인 분류로 4단계로 구분된다. 먼저 시설물 분류는 동에서 지상/지하로 구분되며, 지상은 필로티 등의 특수구조물 설치가 있을 경우 1층을 따로 구분하여 생산성 분석을 위한 요인으로 반영하기 위해 기준층과 분리한 것이다.

부위의 분류는 기준층을 공통부가 포함된 세대부와 계단부로 구분하고, 세대부는 다시 수평부재와 수직부재로 분류하여 단순화 하였다. 공종의 분류는 거푸집 공사, 철근 공사, 콘크리트 공사로 구분하여, 수평부재와 수직부재에 대한 8가지 공종(떡매김, 외벽거푸집 설치, 내벽거푸집 설치, 바닥거푸집 설치, 거푸집 해체, 벽철근 조립, 바닥철근 조립, 콘크리트 타설)으로 분류하였다.

마지막으로 단위작업의 생산성 영향요인과 분석 요인을 반영하기 위한 분류로 단위작업에 공통적으로 수집되어야 할 항목들로 분류하였다. 각각의 단위작업의 물량, 작업조 구성, 작업 시간, 장비 용량, 자재 종류, 기상정보는 생산성 분석에 활용되는 기초 자료가 될 것이다.

4.2. WBS의 검증

생산성 데이터 수집 및 분석을 위해 구축된 WBS를 기반으로 D현장의 9개동과 E현장의 5개동에 대한 생산성 데이터를 수집하였다. 데이터 수집 당시 현장은 기준층의 구체공사가 진행 중이었으며, 이를 토대로 생산성 데이터를 분석하였다. 표 8은 생

산성 데이터를 수집한 현장 개요이다.

표 8. 생산성 데이터 수집 현장 개요

소재지	경기도 화성시 동탄면 택지개발지구 D현장	경기도 화성시 동탄면 택지개발지구 E현장
발주처	K사	D사
공사기간	2005년3월~2008년10월	2005년11월~2008년10월
대지면적	42,397㎡	52,260㎡
데이터수집	2007년 4~6월 9개동	2007년 5~7월 5개동

표 9는 각 현장의 생산성 데이터 수집 예를 나타낸 것으로, D현장의 경우 8가지의 공종으로 구체공사가 진행되고 있었으며, E현장의 경우는, 내벽과 바닥거푸집 작업을 통합한 5가지 공종으로 작업을 수행하고 있었다. 각 현장의 단위공종별 생산성을 분석한 결과, 떡매김의 경우 12.79~28.14(m/M·H) 범위의 생산성이 분석되었는데, 이는 동일한 작업자 구성에도 불구하고 기상악화로 인한 작업시간 지연으로 생산성이 저하된 것으로 파악되었다. 그 외 단위작업 관점의 생산성 영향요인과의 연계를 통해 각 공종에 대한 생산성 저하와 상승원인을 분석할 수 있었다.

또한, 본 연구에서 도출한 생산성 분석 항목에 대해 D현장의 동별 콘크리트타설 생산성 데이터를 분석한 결과, 노무자 1인이 1시간 동안 3.86~6.60m³ 정도의 작업량을 수행한 것으로 나타났다.(표 10) 따라서 D현장의 콘크리트 타설작업은 시설물의 특징(동, 층그룹 등)과 단위작업 관점의 생산성 영향요인에 따른 영향을 크게 받지 않은 일괄 작업으로 다른 단위작업에 비하여 생산성 차이가 크지 않은 것으로 분석되었다. 그 외 시설물별 분석, 부위별 분석, 공종별 분석 등을 본 연구에서 제안한 WBS를 바탕으로 생산성 데이터에 대한 분석을 실시할 수 있었다. 따라

표 9. 생산성 데이터 수집예

현장	동	구분	층수	부위	부재	공사명	단위공종	물량	작업자	작업시간	장비	자재	기온	날씨	생산성
D	502	지상	14	세대부	수평,수직	콘크리트 공사	콘크리트 타설	264	8	7	펌프카	25-240-15	12.5	비	4.72
	503	지상	15	세대부	수직	거푸집공사	내벽거푸집설치	217	12	11.5	TC(9톤)	AL	12.5	비	1.57
	504	지상	16	세대부	수평,수직	거푸집공사	떡매김작업	591	3	7	-	-	12.5	맑음	28.14
	503	지상	17	세대부	수직	거푸집공사	내벽거푸집설치	230	15	11.5	TC(9톤)	AL	15.9	비	1.33
	507	지상	17	세대부	수평	거푸집공사	바닥거푸집설치	479	12	11	TC(10.3톤)	AL	9.5	맑음	3.63
	506	지상	21	세대부	수평,수직	콘크리트공사	콘크리트 타설	216	8	7	펌프카	25-240-15	15.9	비	3.86
	507	지상	21	세대부	수직	거푸집공사	내벽거푸집설치	549	12	11.5	TC(10.3톤)	AL	15.9	비	3.98
	505	지상	19	세대부	수평,수직	거푸집공사	떡매김작업	441	3	11.5	-	-	17.3	비	12.79
	506	지상	22	세대부	수평,수직	콘크리트 공사	콘크리트 타설	216	8	11.5	펌프카	25-240-15	17.3	비	2.35
	508	지상	18	세대부	수직	거푸집공사	외벽거푸집설치	386	3	6	TC(10.5톤)	깁품	17.3	흐림	21.44
E	109	지상	24	세대부	수직	철근공사	벽철근조립	9900	8	5.5	-	철근(D10)	17.3	흐림	225.00
	109	지상	23	세대부	수직	거푸집공사	외벽거푸집설치	386	4	5	TC(10.5톤)	깁품	17.3	흐림	19.30
	105	지상	24	세대부	수평,수직	콘크리트공사	콘크리트 타설	268	8	7	펌프카	Conc	19	흐림	4.79
	107	지상	21	세대부	수평,수직	거푸집공사	내벽,바닥거푸집설치	1448	18	11	TC(10.5톤)	AL	19	흐림	7.31
	108	지상	22	세대부	수직	철근공사	벽철근조립	9900	9	6	-	철근(D10)	19	흐림	183.33
	109	지상	24	세대부	수평,수직	거푸집공사	내벽,바닥거푸집설치	1448	12	11	TC(10.5톤)	AL	19	흐림	10.97
	104	지상	28	세대부	수직	철근공사	외벽거푸집설치	386	3	3	TC(10.5톤)	깁품	17.1	흐림	42.89
	108	지상	22	세대부	수평,수직	거푸집공사	내벽,바닥거푸집설치	1448	17	5	TC(10.5톤)	AL	17.1	흐림	17.04

서 본 연구에서 개발된 WBS는 기존의 WBS를 개선하여 불필요한 분류의 제거, 개정법규 적용, 현장여건 반영과 단위공종 영향 요인과의 연계를 통한 생산성 데이터를 분석할 수 있는 체계를 구축하였으며, 향후 생산성 데이터 활용을 위한 기본 체계로서의 사용과 OLAP(OnLine Analytical Processing : 데이터웨어 하우스 내 담겨 있는 정보를 끌어내어 분석하고 의사결정을 지원하는 시스템, 다양한 활용패턴을 통한 대량의 데이터 처리 가능)을 이용한 생산성 분석 및 Data Mining을 이용한 생산성 예측에도 사용될 것이다.

표 10. D현장 동별 콘크리트 타설 생산성 데이터

동	층수	물량(m³)	M·H	생산성(m³/M·H)
501	13	265	56	4.73
	14	265	64	4.14
	15	265	68	3.90
502	13	264	56	4.72
	14	264	56	4.72
503	14	256	64	4.00
	15	256	64	4.00
	16	256	56	4.58
504	13	264	64	4.13
	14	264	40	6.60
	15	264	56	4.72
505	14	216	40	5.40
	15	216	56	3.86
506	20	216	56	3.86
	21	216	56	3.86
	22	216	92	2.35
507	16	216	40	5.40
	17	216	64	3.37
	18	216	36	6.00
508	17	216	48	4.50
	18	216	56	3.86
	19	216	42	5.06
509	16	216	63	3.43
	17	216	40	5.40
	18	216	52	4.15

5. 결론

공동주택 생산성 관리 및 예측을 위한 데이터 수집 및 분석의 기초가 되는 WBS 개발을 위해 도출된 주요 결론은 다음과 같다.

첫째, 기존 연구문헌 및 국·내외 WBS 사례를 분석한 결과, 불필요한 분류 제거, 현행법규 적용, 부재단위 원가관리 기반 WBS의 현장 데이터 수집의 어려움, 개별 목적에 맞춘 WBS의 본 연구개발 적용의 부적합성 등을 도출하였다.

둘째, 공동주택 현장 인터뷰 결과, 각 현장마다 모든 작업은 작업조를 중심으로 수행되며, 이 처럼 작업조 구성에 의한 공종 즉, 거푸집 공사, 철근 공사, 콘크리트 공사를 중심으로 각 단위

작업들이 수행됨을 파악할 수 있었다.

셋째, 단위작업 중심의 생산성 영향요인과 연계한 본 연구의 WBS는 시설물의 분류, 부위에 따른 분류, 공종 분류, 단위작업 중심의 분석요인 분류로 4단계로 구분되며, 현장 생산성 데이터 수집을 통해 생산성 저해원인 등의 분석을 실시하였다.

마지막으로 본 연구의 결과물인 WBS는 생산성 데이터 수집 및 분석을 위한 기본체계로의 활용과 현장에서 주관적인 관점에서 관리되고 있는 생산성 데이터 수집, 수집된 데이터를 바탕으로 OLAP을 이용한 생산성 분석 및 Data Mining을 이용한 생산성 예측에도 활용될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김동춘·김화중 (2001), "건설공사 재해정보분석을 위한 사고발생 분류체계의 방안", 대한건축학회 논문집(구조계), v.17 n.11, pp. 139-145.
2. 문우경·한성훈·김예상·김영석·김상범 (2006), "건설 생산성 정보 관리를 위한 생산성 영향요인 분석", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집 pp. 422-426
3. 박환표·이재섭 (2004), "건설정보 분류체계 활용도 측정을 통한 분류체계 활성화 방안", 한국건설관리학회 논문집, v.5 n.6, pp. 90-100
4. 오세욱 (2005), "단위작업 정보 기반의 공동주택 공정관리 지원 시스템 개발", 인하대학교 박사논문, pp. 1-203
5. 오세욱·김영석·이준복·김한수 (2004), "PDA 및 바코드 기술을 이용한 건설 노무정보의 수집 및 활용", 한국건설관리학회논문집, 제5권 제5호, pp. 65-75
6. 윤석현·김성식 (2005), "공정-내역정보 연계를 위한 통합 건설정보분류체계기반의 공통WBS 활용방안", 한국건설관리학회논문집, 제6권, pp. 107-114
7. 이현정·오세욱·김영석·김예상·김상범 "IT 기술 기반의 건설 생산성 정보 및 영향요인의 수집 및 활용", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp. 548-553
8. 하승호·김 석·김경민·박찬혁·김경주 (2004), "강교량 제작 프로세스 모델을 기반으로 한 WBS 구축", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제5회, pp. 521-525
9. 하승호·김석·김경민·박찬혁·김경주 (2004), "강교량 제작 프로세스 모델을 기반으로한 WBS구축", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제5회, pp. 521-525
10. 황경진·이찬식 (2007), "공동주택의 주차장 확대방식 선

정 절차모델 개발”, 한국건축학회논문집 구조계, 제23권 제2호, pp. 151-160

11. A. P. Hameri and P. Nitterb (2002), “Engineering data management through different breakdown structures in a large-scale project”, International Journal of Project Management, Volume 20, Issue 5, pp. 375-384
12. H.W.Landford (1983), "Effective planning and control of large projects-Using work breakdown structure", Long Range Planning, Volume 16, Issue 2, pp. 38-50
13. Phillip R. Waier, PE (2001), Building Construction Cost Data, 59th Annual Edition, RSMeans Company, Inc., USA, pp.94-120, 234-270
14. R. Dillibabu, and K. Krishnaiah (2005) “Cost estimation of a software product using COCOMO

II,2000 model a case study”, International Journal of Project Management, Volume 23, Issue 4, pp. 297- 307.

15. Youngsoo Jung · A. M. ASCE and Sungkwon Woo (2004), "Flexible Work Breakdown Structure for integrated Cost and Schedule Control", Journal of Construction Engineering and Management, September/October, pp. 616-625
16. Zhaoyang Maa, Qiping Shena and Jianping Zhangb (2005), “Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects”, Automation in Construction, Volume 14, Issue 3, pp. 369-381

논문제출일: 2007.12.04

심사완료일: 2008.04.14

Abstract

Productivity is one of key management indexes for evaluating soundness of a manufacturing organization and its efficiency. In many aspects of productivity management in the construction industry, however, intuition of an experienced field manager still plays a greater role while productivity data is not utilized efficiently for the construction management purposes, because the collection and analysis of the productivity-related information are not systematic. Lack of systematic method in collecting and analyzing the productivity data results in such problems. The existing WBS should therefore be improved to solve them. The authors developed a new WBS for productivity data collection and analysis by following the research direction that was determined by literature reviews, overseas cases, and interviews with field engineers. The new breakdown structure was then evaluated for its feasibility as a productivity analysis framework. It is expected that the productivity data collected by the WBS will be used for OLAP and mining for future productivity forecast.

Keywords : Productivity Data, Work Breakdown Structure, Productivity Management, Productivity Forecast