

BIM 기반의 시공단계 견적데이터를 활용한 일일 진도관리모델 구축 방안

A Method to Build Daily Progress Management Model
based on BIM Estimate Data in Construction Phase

정 준 호*
Jung, Jun-Ho

진 상 윤**
Chin, Sang-Yoon

요 약

건설현장에서 정확한 진도를 관리하기 위해서는 비용정보와 일정정보를 결합한 통합정보가 요구되며 프로젝트의 성과측정을 위한 기초자료가 된다. 그러나 국내 건설공사는 비용과 일정정보를 각각 관리함으로써 객관적인 성과측정이 어려우며 내역서상의 물량을 액티비티에 분개하는 작업을 통해 생산성을 감소시킨다. 한편, BIM을 활용한 연구가 진행되면서 BIM을 통해 보다 효율적으로 진도관리하는 연구가 필요한 실정이며 현장에서는 일일 작업관리에 대한 필요성이 요구되고 있다. 이러한 건설 산업의 흐름에 따라 본 논문에서는 BIM 모델의 위치정보와 BIM기반의 견적데이터를 활용하여 3가지 타입의 진도관리단위를 생성하고 이를 통해 일일 진도율 및 일일 기성액을 파악하는 정보모델을 제시하고자 한다.

키워드 : BIM, 견적데이터, 진도관리단위, 일일관리

1. 서론

건설 프로젝트가 점차 대형화, 복잡화됨에 따라 효율적인 건설관리의 중요도는 높아졌으며 고품질의 건축물을 주어진 공기 내에 시공하기 위해서 첨단 IT 기술을 융합한 진도관리기법은 공사 관계자에게 효과적인 의사결정도구로 활용되고 있다. 건설 현장에서 정확한 진도를 관리하기 위해서는 비용정보와 일정정보를 결합한 통합정보가 요구되며, 이러한 통합정보는 실행기성을 통해 공사 진도율을 빠르게 예측하고 프로젝트의 성과측정을 위한 기초자료가 된다. Teicholz's model, Hendrickson's model을 통해 일정, 비용 통합모델이 제시되었으며 Ibbs's and Kim's Model을 통해 객체지향 프로그래밍을 적용한 전산데이터 모델이 제안되었다. 이후 건축물의 기획, 설계, 시공, 유지단계의 전 수명주기 동안 다양한 분야에서 정보를 생산하고 관리하는 기술인 BIM(Building Information Modeling)을 활용한 연구가 진행되면서 BIM 기반의 통합정보모델을 이용하여 개별 비용, 일정, 위치정보를 파악하고 효율적으로 진도율을 측정

하는 연구가 필요한 실정이다.

또한, 건설현장에서는 일일 작업관리에 대한 필요성이 증대되면서 A 건설사의 경우 하루하루의 업무를 시스템에서 계획하고 관리할 수 있도록 구축하고 있으며 그날의 업무에 관계되는 자재, 인력, 장비의 계획과 실행을 지원하고 있다.(박찬정 2007) 일일작업관리를 통해 실시간으로 정보를 공유하고 공사의 진척 상황을 빠르게 판단함으로써 업무의 효율성 및 공사의 투명성을 높일 수 있다.

일일 공사 진척도에 따라 일일 기성율을 파악하려는 건설현장의 흐름과 새로운 건설관리 기술이 도래하는 현시점에서 건설현장에서는 아직도 진도율과 기성금 산정이 별도로 이루어짐으로써 인력 및 작업시간 등의 생산성 손실이 발생한다. 또한, 국내 건설공사는 비용과 일정정보를 각각 관리함으로써 객관적인 성과측정이 어려우며 내역서상의 물량을 액티비티에 분개하는 작업을 통해 생산성을 감소시킨다. 즉, BIM 모델을 이용하여 일정 비용 정보의 연계성을 고려한 통합모델이 필요하며 이를 일일단위로 관리하는 연구가 필요하다.

* 일반회원, 성균관대학교 대학원 건설환경시스템공학과 석사과정, crass84@skku.edu

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

이러한 건설 산업의 흐름에 따라 본 논문에서는 3D 모델의 위치정보와 일정, 비용정보를 연계한 BIM기반의 견적데이터를 활용하여 3가지 진도관리단위 생성타입에 따라 전반적인 공종에서 진도관리단위를 생성하고자 한다. 또한, 이를 통해 일일 진도율 및 일일 기성율을 파악하여 진도관리 업무의 생산성을 향상하고자 한다.

2. 연구의 방법 및 절차

본 연구는 BIM 모델 생성 전, 모델러, 견적관리자, 진도관리자가 물량 산출 수준과 진도관리 수준을 고려한 BIM 모델링 계획을 세우고 이를 최종적으로 BIM 모델러가 모델링 작업을 수행하였다는 전제하에 연구를 진행하였다.

Vico사에서 개발한 Estimator의 Recipe, Method, Resource 개념을 기반으로 한 견적 데이터를 활용하여 진도관리단위를 생성하고 이를 관리하는 진도관리시스템의 선행 연구로서 일일 진도관리단위를 생성하고 그에 따른 정보모델을 제시하는데 연구의 범위를 제한하고 있다. 본 연구는 다음과 같은 절차를 통해 수행되었다.

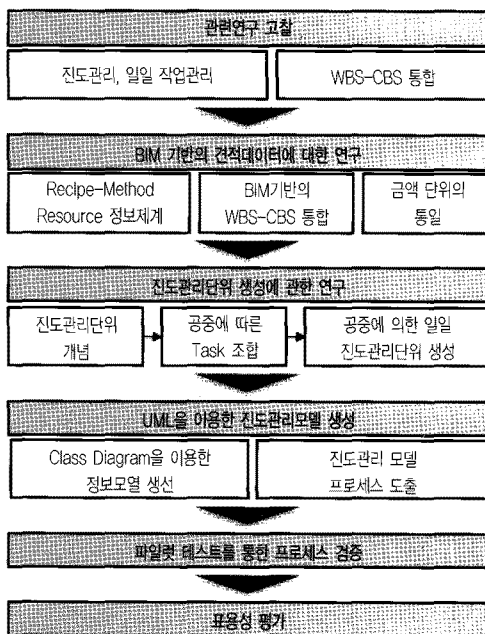


그림1. 연구의 절차

3. 관련 연구 고찰

3.1 진도관리

진도관리에 대한 연구가 다양하게 이루어지면서 관점에 대한

정의도 각각 다르게 표현되었다. 대표적으로 배신호(1989)는 예정 공정표와 실제 공정표를 대비하여 공사의 진행을 관리하는 공정관리 중심의 관점을 정의하였으며 이복남(1997)은 건설경영 측면에서 투입된 예산과 작업 진도율이나 작업량을 비교해서 사업 초기 단계에서부터 사업의 진도와 투자비를 비교, 분석하여 문제점을 파악하고 대책을 세워나가는 일정·비용 통합적 관리 관점을 정의하였다. 본 연구에서는 일정·비용 통합적인 관점에서 BIM 모델과 BIM기반의 견적데이터를 바탕으로 진도율을 관리하였다. 진도관리단위와 일일작업관리에 대한 기존 연구는 표 1과 같다.

표 1. 관련 연구 고찰

연구동향	연구내용
진도관리단위 생성에 관한 연구	부위와 작업분류 조합에 따른 단위작업을 생성하고 부위별 작업요소와 연계하여 단위작업의 물량을 파악, 또한, 단위작업별 또는 단위작업의 내역항목별로 공사 진도율을 측정 (최윤기 2002)
	Uniclass의 분류 기준을 바탕으로 단위작업만을 관리할 수 있는 적합한 분류체계를 제시하고 단위작업을 정형화시킬 수 있는 정보모델을 개발 (강우영 2003)
	진도측정을 위한 가장 최소의 단위로 PMP라 정의하고 금액보합, 작업기간, 측정명확성을 진도관리단위 수준 선정의 기준으로 하였으며 진도관리단위의 중요도에 따라 단위작업 수준을 조절하여 관리 (정영수 2004)
일일작업관리에 관한 연구	일정정보와 비용정보, 그리고 측정방법을 결합한 형태의 진도측정단위 (Progress measurement Unit)를 정의하였으며 공종의 Locator 정보가 결합한 Activity에 내역 및 Process를 중심으로 도출된 진도측정방법을 기준으로 진도관리단위를 생성 (윤수원 2003)
	표준 Task를 활용하여 작업 Process를 결정하면 Task Scheduling에서 공정표 자동 작성되어 일정까지 확인하고 Task meeting을 통해 일일단위로 작업현황을 확인할 수 있도록 시스템 구축 (박찬정 2006) 일일단위의 작업일보 생성을 위해 UML을 이용하여 공정정보와 작업위치정보를 조합한 작업정보모델을 제시하고 그에 따른 작업일보 생성 시스템 제안 (Chin 2005)

기존의 진도관리단위에 대한 연구는 최하위단위의 작업요소를 위치요소와 결합하여 단위작업을 생성하고 현장에서 단위작업을 관리하는 수준이나 적정성에 대한 평가에 따라 진도관리단위를 생성하였으며 생성된 각각의 단위작업에 따라 물량을 분개하고 이를 바탕으로 진도율을 측정하였다.

이러한 진도관리단위는 작업분류체계와 부위분류체계를 관리자가 직접적으로 매칭시켜야 하며, 생성된 진도관리단위에 물량을 분개해야 하는 어려움이 있다. 또한, 시공 중간에 설계변경이나 물량 변경, Task, Activity의 변경이 발생하면 다시 진도관리단위를 생성하거나 물량을 재분개해야 한다.

한편, 일일단위의 진도관리를 하기 위해서는 상세레벨의 일일 진도관리단위가 필요하다. 박찬정(2006)의 연구에서는 표준 Task를 사용하여 현장에서 시공하는 부위 단위별로 물량을 분개하여 적용했으나 특정 Task에 적용하기에 유연성이 떨어지

며, 2D 기반의 일일관리를 하고 있기 때문에 설계 변경시 Task마다 부위 단위별 물량을 재산출하여 Task를 관리해야 한다.

3.2 일정·비용 통합 모델

정확한 건설공사 진도율을 산정하려면 각각의 다른 구조로 되어 있는 일정정보와 비용정보를 통합해야 객관적인 평가가 가능하며, 이를 체계적으로 관리함으로써 작업의 생산성을 향상시킬 수 있다. 일정과 비용정보를 통합함으로써 최종 프로젝트 공사비와 완료일을 공사 중 빠른 시간 안에 예측하고 실행기성을 통한 건설공사 진도율을 추적, 자금 소요의 정확도를 높이며 미래 프로젝트에 기초자료를 제공해 줄 수 있는 데이터베이스가 된다.(Spencer 1987)

표 2. 일정·비용 통합 모델 연구 고찰

연구동향	연구내용
WBS-CBS 직접적 매칭	비용 항목과 작업 항목을 비율배분에 의해 WBS와 CBS를 대응시켜 연결함 (Teicholz 1987)
	작업요소(Work element) 개념에 의한 방법을 제시하여 CBS의 비용항목과 WBS의 작업항목을 매트릭스 형태로 나타냄 (Hendrickson 1989)
매개체를 사용하여 WBS-CBS를 통합	WBS에 비용정보를 첨가하고 CBS를 제거한 통합된 데이터를 생성하는 새로운 개념을 제시 (NASA, DOD 1987)
	WBS와 CBS체계에서 공간의 정보를 분리하고 공통자의 개념을 도입함으로써 두 가지 관점의 분류개념을 제안하였으나 2D 기반에 중점을 두고 있음 (김우영 2002)
3D모델 및 전산기술을 이용	객체지향 프로그래밍을 적용한 전산데이터 모델을 통해 일정, 비용, design object를 결합한 BOD라는 새로운 요소를 제안 (Ibbs's and Kim 1989)
	적산단계에서 이루어지는 수량 산출정보를 이용한 WBS-CBS 통합 방안을 제시하고 Activity를 생성, 공정표를 작성하는 방법 제안 (안재홍 2009)
	객체 지향형 공정 모델링을 제안하며 작업요소 객체와 공정요소 객체를 설계하고 JAVA 환경에서 파라미터 값들을 시스템에 입력하여 모델에 적용 (안승준 2009)

각 통합모델에 대해 많은 연구자가 견해를 내놓았으며 시간이 지나고 정보기술이 발전하면서 견해에 대한 내용도 변모해갔다.

Teicholz's Model(1987)은 비율 분배 개념에 의해 주관적인 관점에서 CBS와 WBS의 대응관계를 제시하였는데, 이에 Abudayyeh(1991)는 비율분배 개념은 일정, 비용정보의 불일치 문제를 근본적으로 해결하지 못한다고 했으며, 김우영(2002)은 비용정보와 일정정보를 따로 관리한다는 전제하에 일정·비용 통합정보를 자동화할 수 없지만, 비율할당과 같은 개념을 제시하였다는 점에서 긍정적인 주장을 하였다.

Hendrickson's Model(1989)은 작업요소 개념에 의한 방법을 제안하였으나 CBS와 WBS의 서로 다른 데이터 체계를 유지해야 하고 많은 양의 데이터를 처리해야 하는 문제가 있다고 Abudayyeh는 주장하였다. 김우영은 현재의 기술로 이 정도의

데이터는 충분히 처리할 수 있다고 보았으며 두 가지 체계를 하나의 관점에서 통합한다는 점에서 한 단계 진보한 개념으로 보았다.

Work packaging Model(1987)은 WBS와 CBS체계를 하나의 체계로 통일시켜 일정, 비용 통합모델의 최적함을 Abudayyeh는 주장하고 있으나 김우영은 단순한 관점에서 일정, 비용정보를 통합함으로써 한걸음 후퇴한 모델이라고 주장하였다. Work packaging Model은 WBS를 기준으로 통합모델을 제시하였기 때문에 내역위주의 관리가 되고 있는 국내건설에는 비현실적이라고 판단된다.

김우영의 모델은 일정과 비용정보의 공통분류와 공통자를 이용한 통합방법론을 제시하고 공통자라는 하나의 데이터관리로 두 가지 이상의 공사관리 목표를 달성한다고 주장하고 있으나 Hendrickson's Model 모델을 수용하여 WBS, CBS체계를 통합하지 못하고 여전히 두 체계를 분리하여 관리하기 때문에 통합모델에 대한 근본적인 문제를 해결하지 못하고 있다.

Ibbs's and Kim's Model(1989)은 객체지향 프로그램을 적용한 전산데이터 모델을 제안하였으나 Abudayyeh는 데이터 수집의 어려움과 WBS와 CBS 관점을 유지해야 하는 단점을 지적하였다. 김우영도 기존의 3차원 CAD 시스템의 실패한 경우를 예를 들어 설명하여 3차원화라는 새로운 패러다임이 정착하기 전까지 현실 불가능할 것이라고 보았으며 BOD가 비용과 일정정보를 직접적으로 연계되지 못한다고 지적하였다. 그러나 3D Object를 이용한 BIM 기반의 건축기술이 활발히 개발되고 있는 현시점에서 Ibbs's and Kim's Model의 BOD 개념은 BIM 기반의 일정, 비용 통합모델의 첫 시도이자 기반이라고 볼 수 있다.

안재홍의 모델(2009)은 적산단계에서 수량 산출정보를 원시 데이터로 활용하여 WBS와 CBS를 연계하고 Activity를 생성하는 모델을 제안하였다.

안승준의 모델(2010)은 파라미터를 통해 다양한 특성을 매개화하고 파라미터 값 처리를 자동화하였기에 데이터가 과다하고 설정해야 할 파라미터 값들이 많아진다. 또한, 단순한 골조모델에 적용했기에 변수가 많은 마감모델에 적용 시 여러 이해관계에 의해 오류가 생길 가능성이 크다.

기존의 일정과 비용 통합모델은 인위적으로 두 체계를 연계하여 통합을 시도하였으며 작업요소, Work packaging, 공통자(Common Denominator)와 같은 매개체를 이용하여 WBS와 CBS체계를 통합하였다. 이후 BIM을 이용한 3D 모델 기반의 일정과 비용정보를 통합하려는 연구가 진행되면서 기존의 문제시되었던 데이터의 문제는 사라지고 새로운 방식의 일정, 비용 통합방안에 대한 연구가 수행되고 있다.

4. BIM 기반 견적시스템

3D CAD 모델을 통해 정확한 치수 정보를 추출하고 물량을 산출하는 BIM 기반의 견적 자동화 연구가 국내외적으로 수행되고 있다. 견적 및 진도용 BIM 모델은 일반 BIM 모델과 달리 견적 상세수준에 따라 모델링의 상세수준이 결정되며 그에 따라 공사 진도를 관리할 수 있는 범위가 제한되거나 폭넓게 활용된다.

본 연구에서 BIM 모델은 BIM 모델러가 물량 산출수준과 진도관리수준을 사전계획하고 모델링한다는 전제하에 진행하였으며 이키카드 12로 BIM 모델을 생성하였다. BIM 모델은 BIM 모델링 계획에 따라 프로젝트 매니저가 템플릿을 생성하면 각 작업자가 템플릿을 바탕으로 층별로 모델을 생성하였으며 생성한 템플릿 안에는 층 설정, 부위, Layer, 2D마감선, 3D 마감재질을 정의하였고 기본 구조 객체를 Object type에 따라 템플릿 안에 저장하였다.

BIM 기반의 견적자동화 Tool 중에 Vico Software사에서 개발한 Estimator의 Recipe, Method, Resource 개념을 기반으로 한 견적 시스템을 활용하여 물량 산출을 하고 진도관리체계의 데이터베이스로 사용하였다. 본 연구에서는 Recipe, Method, Resource 체계를 사용하는 소프트웨어 중 가장 널리 쓰이는 Estimator를 사용하였으나 Recipe, Method, Resource 체계를 사용하는 견적 소프트웨어라면 모두 가능하다.

4.1 LBS, Recipe, Method, Resource 정보체계와 연계

프로젝트의 위치요소는 LBS(Location Breakdown Structure)에 의해 정의되며 다양한 방법으로 프로젝트를 분류하는 것이 가능하다. 각각의 LBS Level은 각각 다른 목적을 가지는데 Highest level은 건축물의 구조적으로 독립된 부분이 전반적인 건축 공정 순서에 따라 생성시에 사용된다. Middle Level은 층과 같이 구조의 생산 흐름에 따라 계획할 때 사용된다. Lowest Level은 상세공간이나 코어와 같이 상세계획과 마감공사 시에 사용된다.(Russell Kenley 2010)

Recipe, Method, Resource 개념에 대해 Vico Software는 다음과 같이 정의했다. Recipe는 건물 요소를 구성하는 데 필요한 Method와 Resource를 포함한 프로세스와 항목의 그룹이다. Method는 건물요소를 구성하는 데 필요한 프로세스이고 각 Method는 하나 이상의 Resource를 가진다. Resource는 노동, 자재, 장비 등의 정의된 가격이다. 이에 최철호(2006)는 다음과 같이 정의했다. Recipe는 3D 상세 모델을 기반으로 3D 모델의 Object와 직접 연계되는 부위별 단위면적당 공사비 산출개념으로 시설물의 부재를 구축하기 위한 여러 가지 공사방법인 Method와 각 공사방법에 필요한 소요자원 Resource의 연계를 통해 물량 산출 및 견적작업을 수행하는 것이다.

단계별 정보의 흐름을 살펴보면 위치분류체계인 LBS를 기반

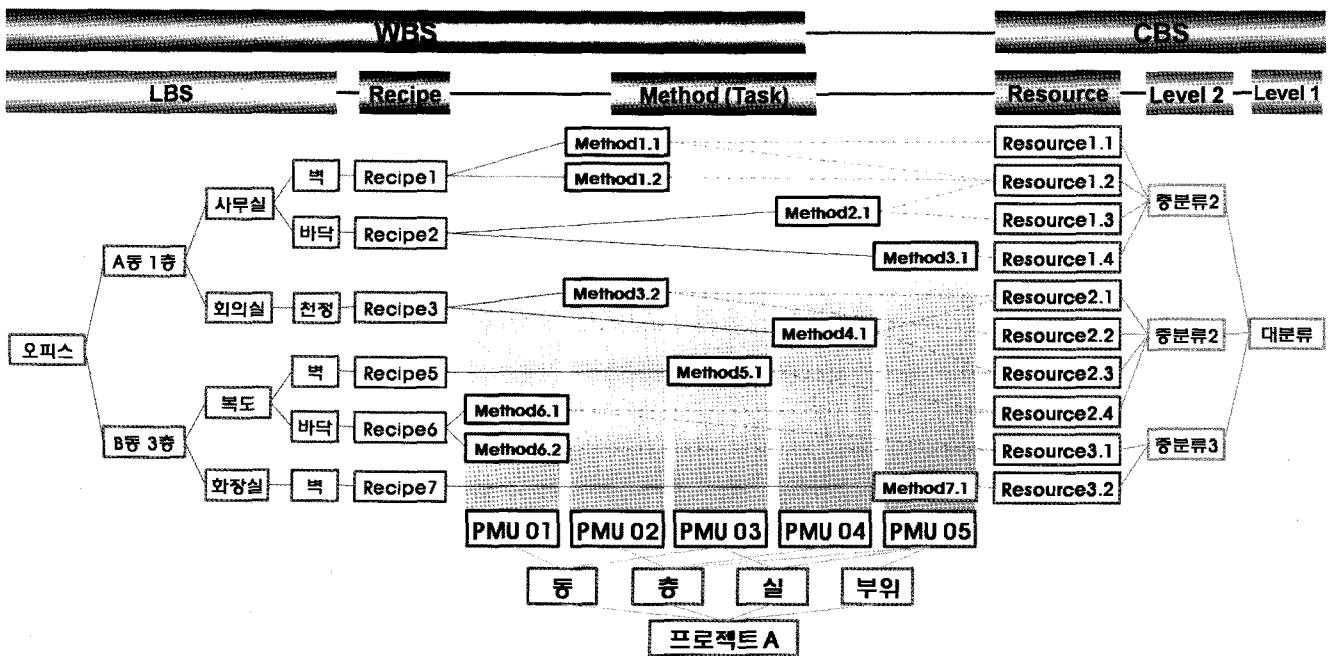


그림3. BIM기반의 견적데이터를 통한 WBS-CBS 통합

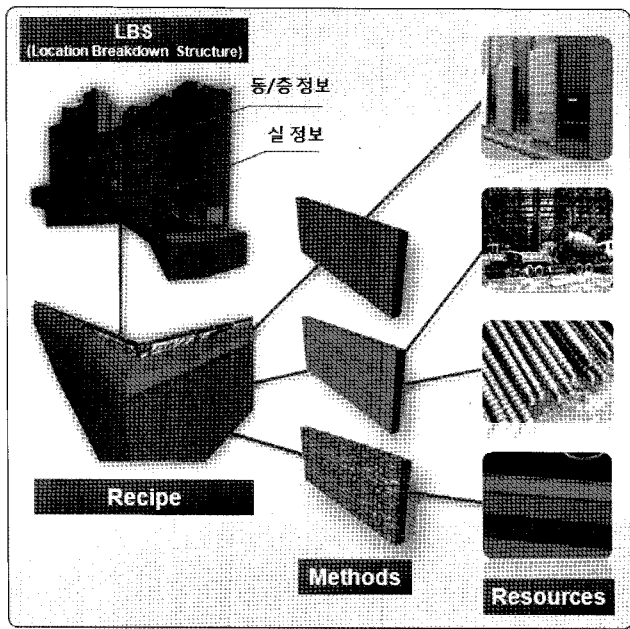


그림 2. LBS, Recipe, Method, Resource 개념

으로 모델링된 3D Object에서 층, 실 등의 위치정보를 추출하며 이는 Method의 위치정보가 된다. 3D Object와 연계되는 Recipe를 통해 각 객체에서 벽, 바닥, 천정 등의 부위정보를 추출하며 이는 Method의 부위정보가 된다. Method와 연계된 Resource를 통해 단가, 금액 등의 자원정보를 추출하며 이는 Method의 자원정보가 된다. Recipe와 연계되는 Method는 가장 상세한 수준인 Task가 되기에 가장 적당한 단계이며 Method와 연계된 LBS, Recipe, Resource를 통해 위치정보, 부위정보, 자원 정보를 획득한다. Recipe, Method, Resource에 대한 예는 다음과 같다.

표 3. LBS, Recipe, Method, Resource의 예

LBS (위치정보)	Recipe (부위정보)	Method (공종정보)	Resource (비용정보)
A동_3층_거실	내부 벽체마감 (모르타르+벽지)	시멘트 모르타르 24mm	시멘트
			모래
			미장공
			보통인부
			초배지
		벽 지	장배지
			플
			도배공
			보통인부
			공구손료

이러한 Recipe, Method, Resource를 어떤 기준에 의해 분류하고 구성하느냐에 따라 물량 산출의 상세수준이 달라지며 그와 연관된 진도관리단위의 수준이 결정된다.

즉, 상세건적까지 산출하려는 경우 일반적으로 Method 단위에서 활용되던 항목들이 Recipe 단위로 상승하게 되며 개선견적으로 산출하는 경우 Method 단위에서 활용되던 항목들이 Resource 단위로 내려간다.

4.2 BIM 기반의 WBS-CBS 통합

앞에서 언급한 바와 같이 효율적인 진도관리를 위해서는 일정 정보의 WBS체계와 비용정보의 CBS체계가 통합되어야 하며 본 연구에서는 BIM 모델 및 건적 데이터의 Recipe, Method, Resource 체계를 통해 WBS체계와 CBS체계를 그림 3과 같이 통합하였다. 일반적으로 일정과 비용정보의 통합할 때 언급되는 WBS체계는 위치정보인 LBS와 부위정보인 Recipe, 공사방법인 Method가 될 수 있으며, CBS체계는 자원정보인 Resource라고 볼 수 있다. Recipe, Method, Resource 체계를 통해 보다 원만하게 WBS체계와 CBS체계가 통합된다.

WBS체계와 CBS체계를 연계하고 있는 Method는 위치정보인 LBS와 결합하여 1 대 1 또는 1 대 다의 관계로 진도관리단위 (PMU)를 생성한다.

4.3 단위의 통일에 따른 Task 생성

진도를 측정 시 여러 공종의 Method는 각각의 다른 단위를 사용함으로 객관적인 진도측정이 어려웠다. 따라서 Method의 필수공통요소인 금액으로 단위를 치환하여 각 Method의 단위를 통일하였으며 이는 보다 객관적인 관점에서 진도측정이 가능하다. 단위가 치환되면서 Method는 진도관리단위를 생성하기 위한 Task가 되며 프로젝트 전체금액에 대한 각 Task의 금액비인 총 공사 비율로 치환되어 나타난다. 본 연구에서 언급하는 Task는 각 계약의 일일 진도관리를 위한 작업단위이며 특정 업체의 단일 작업조에 의해 특정 장소에서 진행되는 작업을 의미한다. (Chin 2005)

표 4. 공통단위에 의한 진도를 측정의 예

LBS	Task (%)			최종 진도율 (%)
	Name	총공사 비율	진도율	
A동_2층_샤워실_바닥	자기질타일	1.254	20	0.251
A동_3층_복도_벽	결레받이	0.005	30	0.002
B동_5층	Con'c 타설	2.102	50	1.051
싱가동_1층_화장실_벽	세면대	0.265	100	0.265
일일 진도율				1.572

$$\text{일일 기성액} = 1.572(\text{일일 진도율}) * 7,500,000,000(\text{공사총액}) = 117,900,000\text{원}$$

* Task 총 공사 비율 = Task 금액 / 전체 공사 금액

* 최종 진도율 = 총 공사 비율 * Task 진도율

Method와 Task의 관계에서 Method와 Task는 같은 Level의 위치정보와 공사방법을 나타내지만, Method가 Task로 변환되면서 총 공사 비율을 기준으로 진도관리하게 되며 관리하는 정보의 양이 Method보다 현저히 감소한다. 표 4와 같이 총 공사 비율로 치환된 Task에 해당 진도율을 입력하고 일일 진행된 Task의 최종 진도율을 취합하면 프로젝트의 일일 진도율과 일일 기성액이 나타난다.

5. BIM기반의 견적데이터를 활용한 진도관리체계 도출

5.1 진도관리단위의 개념

건설공사가 정해진 일정에 따라 진행될 수 있도록 진도관리하기 위해서는 일정정보와 비용정보가 결합된 Task가 생성되어야 하고 현장의 특성과 해당 Task의 작업특성에 따라 진도관리단위를 생성하는 작업이 필요하다.

국내 건설현장에서 진도율 측정 시 단일 Task 단위로 측정하지 않으며 각 공종별, 건물의 규모별, 측정시기별로 관리하는 단위가 다르다. 예를 들어 현장에 따라 철근 콘크리트 공사의 경우 층별로 측정하며, 타일공사의 경우 2~3개의 층, 혹은 2~3개의 실별로 공사의 진도율을 파악한다. 즉, 각 단일 Task를 조합하여 진도관리단위를 생성하면 진도를 측정하는 작업의 개수가 감소하여 진도관리의 생산성이 높아지며 그에 따른 추가비용이 감소한다.

윤수원(2003)의 진도관리단위(Progress Measurement Unit) 개념은 2D를 기반으로 공중에 위치정보를 할당하는 등 여러 단계를 거쳐 Activity를 생성하고 생성된 각 Activity에 실행내역을 매핑하여 물량분개를 해야 하는 어려움을 가지고 있었다.

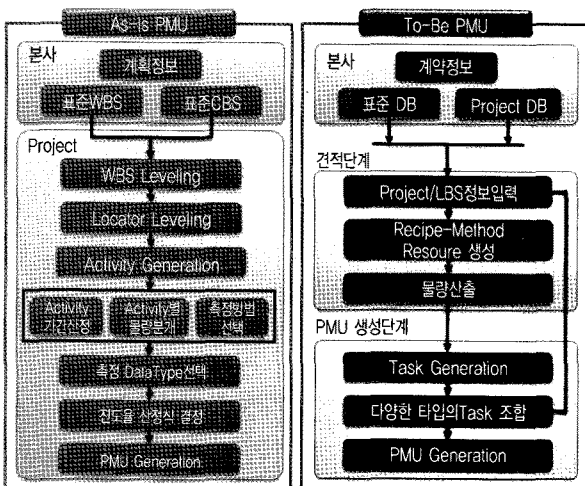


그림4. 진도관리단위 As-Is, To-Be 프로세스

본 연구에서는 윤수원의 진도관리단위 개념을 기반으로 기존의 불리한 요소를 보완, 발전시켰다. BIM 모델을 통해 산출된 위치별, 부위별 물량 산출정보를 바탕으로 Task를 조합하여 일일단위로 진도관리 할 수 있는 진도관리단위를 생성하였다. 이는 진도관리단위별로 물량을 분개할 필요가 없으며 비용과 일정 정보를 재결합하여 별도로 Task를 생성하거나 각각의 Task를 위치정보, 부위정보와 재결합할 필요가 없으므로 기존의 진도관리단위 생성프로세스보다 작업 및 시간이 단축되어 생산성이 향상된다. 또한, 다양한 타입의 정보결합에서 오는 오류를 감소시키고 진도관리단위의 정확한 물량이 나타난다.

5.2 진도관리단위의 생성

5.2.1 공중에 따른 Task 조합

견적데이터를 통해 생성된 Task를 바탕으로 진도관리를 하려면 진도관리자는 다량의 Task를 관리해야 하며 같은 시기에 시공했음에도 불구하고 반복적으로 여러 Task의 진도율을 확인해야 한다. 현장에서 시공되는 건물의 규모, 공종의 특성, 공간적 요소에 따라 타일공사의 경우 2~3층, 배관의 경우 5개 층, 철골은 절(3~4개 층) 단위로 관리하며, 다음과 같이 진도측정시 진도관리자의 생산성을 향상시킨다.

표 5. 공종별 관리단위의 예

분류	공종	관리단위	비고
토공사	터마기	공구 별	건축물의 연면적, 규모에 따라 관리단위의 범위는 상이함.
	슬러리 월	공구 별	
구조체공사	콘크리트 공사	층 별	
	철골공사	절 별	
외장공사	지붕공사	동 별	
	미장공사	실 별	
미감공사	경량 칸막이 공사	층 별	
	자동문	동 별	
	도배공사	실 별	

5.2.2 공정에 따른 일일 진도관리단위 생성

일일 단위의 진도관리를 위해서는 일일공정에 따라 진도관리단위를 생성해야 한다. 공중에 따라 Task를 선행조합한 뒤, 같은 일자에 공정이 병행되어 시공되는 Task는 조합하며, 한 가지 내역으로 잡혀 있으나 시공 순서상 다른 일자에 시공되는 공정은 대표 Resource에 따라 조합한다. 프로젝트 타입에 따라 쓰이는 Method(Task)의 정보가 각각 상이하므로 3가지 진도관리단위 생성타입을 활용하여 유연하게 진도관리하며 이를 통해 진도관리자가 관리하는 진도관리단위의 수가 감소하여 진도관리의 생산성이 커진다. 진도관리단위를 생성하기 위한 기본개념은 그림 5와 같다.

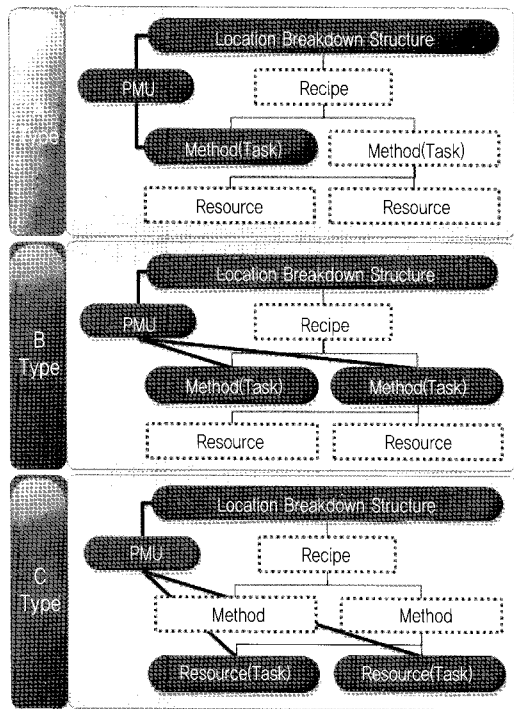


그림 5. 진도관리단위 생성 타입

1) 단일 Method(Task)에 의한 진도관리단위 생성 (A Type)

하나의 Task와 LBS에 의해 진도관리단위를 생성하는 경우이며 프로젝트 공사 대부분의 Task가 A 타입에 의해 진도관리단위가 생성된다. 별도의 Task 조합이나 분개가 불필요하며 공종별 관리단위에 의해 진도관리단위가 생성된다. 단일 Task에 의해 진도관리단위를 생성한 예는 표 6과 같다.

표 6. 단일 Method(Task)에 의한 진도관리단위 생성(A Type)

LBS				진도관리단위	총공사 비율 (%)
동	층	실	부위		
A동	5층	-	-	콘크리트 타설	7.586
A동	6층	-	-	거무집 설치	4.254
B동	3~4층	복도, 로비	벽	걸레받이	0.015
A동	2~3층	사무실	바닥	자기질타일	0.254
상가동	1~5층	화장실	비품	세면대	3.024

2) 복수의 Method(Task)에 의한 진도관리단위 생성 (B type)

공종이 다르고 물량 산출시 분리되어 있는 Task지만 공정순서상 동시에 하거나 순차적으로 시공하는 Task는 같은 종류의 실들과 결합하여 진도관리단위를 생성한다. 다른 공종의 Task가 진도관리단위로 생성하면서 총 공사 비율이 높은 Task의 공종으로 편입되며 복수 Task에 의해 진도관리단위를 생성한 예는 표 7과 같다.

표 7. 복수 Method(Task)에 의한 진도관리단위 생성(B Type)

동	LBS			진도관리단위	총공사 비율 (%)
	층	실	부위		
A동	3층	침실, 거실	벽	모르타르+코너비드	3.268
B동, C동	-	지붕	바닥	무근콘크리트+와이어메쉬	8.165
A동	5층	사무실, 회의실	천정	천정석고보드+몰딩+커텐박스	0.254

3) 대표 Resource 조합에 의한 진도관리단위 생성 (C type)

견적데이터에 의해 생성된 Task는 시공 절차상 두 가지 이상으로 나누어 진행되기도 한다. 견적데이터 상에서는 하나의 Method(Task) 항목에 물량이 총 취합되어 나타나 있지만 그중 일부가 본 공사에 앞서 선 시공되거나 후 시공될 때 대표 Resource에 따라 LBS와 조합되어 진도관리단위를 생성한다. 예를 들어 Task 명이 '경량철골 천정틀 설치' 일 때 Resource인 인서트는 콘크리트 타설 전에 선 시공된다. 따라서 '인서트' 항목과 그 외의 대표 Resource의 항목으로 분리되어 진도관리단위를 생성한다. 또한, Object 형태의 객체를 모델링 시 마감과 골조공정이 통합된 유닛형태로 나타나기 때문에 대표 Resource로 조합한 진도관리단위를 생성해야 한다. 대표 Resource 조합에 의한 진도관리단위를 생성한 예는 표 8과 같다.

표 8. 대표 Resource에 의한 진도관리단위 생성 (C Type)

동	LBS			진도관리단위	총공사 비율 (%)	비고
	층	실	부위			
B동	7층	-	천정	인서트 설치	0.089	경량철골
B동	7층	계단실, 회의실	천정	M-bar 설치	1.265	천정틀
B동	7층	계단실, 회의실	천정	캐링채널 설치	1.988	-3.34%
A동	8~9층	-	문	문틀설치	1.254	창호
A동	8~9층	-	문	창 설치	2.118	-3.37%

이외에도 A Type, B Type, C Type을 혼용하여 진도관리단위를 생성할 수 있다.

6. 진도관리모델

6.1 UML을 이용한 진도관리모델 생성

본 연구에서는 그래픽적인 정보를 통하여 프로젝트 사용자들의 의사소통을 원활하게 하기 위해 표준화된 모델링 언어인 UML(Unified Modeling Language)의 Class Diagram을 활용하여 본 체계를 도식화하였다.

정보모델은 크게 프로젝트/견적 정보와 진도관리체계 정보로 나뉜다. 프로젝트/견적 정보의 [Dong] class, [Floor] class,

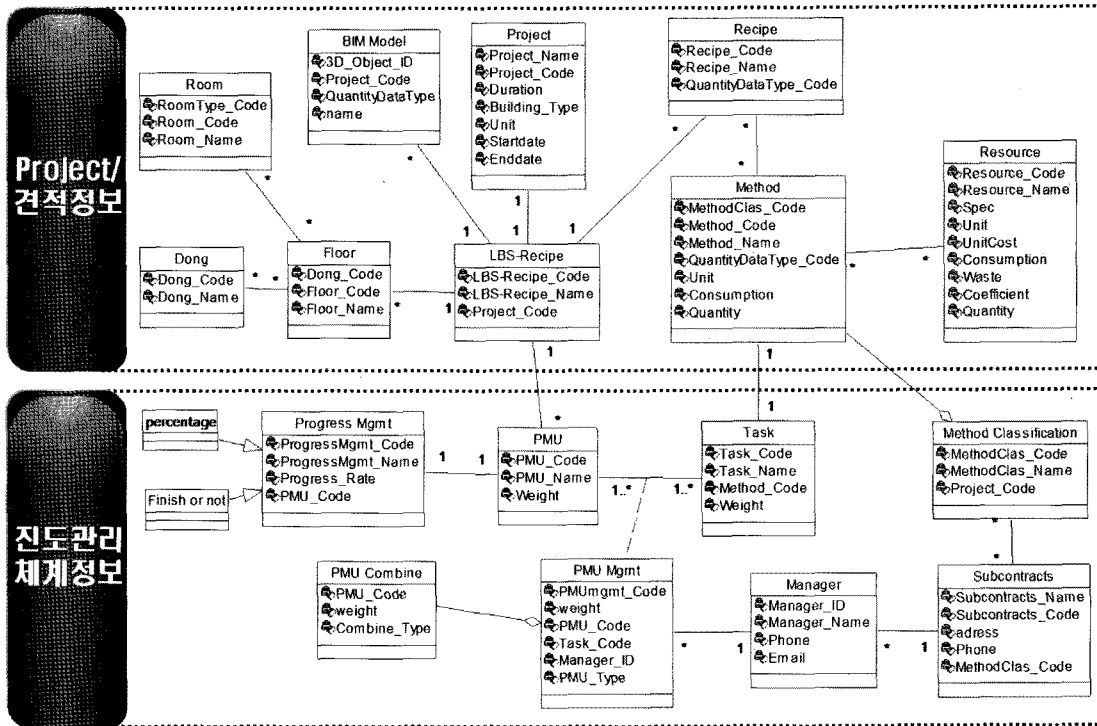


그림 6. 진도관리체계 정보모델

[Room] class는 프로젝트의 LBS 정보를 나타내며 Many to Many의 관계로 설정된 [Recipe], [Method], [Resource]는 견적데이터 정보를 나타낸다. LBS 정보 class, 견적데이터 class와 [BIM Model]은 [LBS-Recipe]를 통해 위치요소별, 부재별 물량을 확인하고 각 class와 연계하도록 설정하였다.

진도관리체계 기본 정보인 [Task]는 [Method]와 One to One의 관계를 맺고 있다. [Method]와 연계된 [Resource]의 'Unitcost'와 'Quantity'를 통해 물량 및 단가정보를 가져오며 [Task]에서 'Cost_Rate' 형태로 관리된다. 복수의 Task가 PMU를 생성하거나, 하나의 Task가 여러 PMU를 생성하기 때문에 [Task]와 [PMU]는 One to Many, Many to One, Many to Many의 관계를 맺는다.

PMU를 관리하는 [PMU Mgmt]에서는 Task를 위치요소나 Task의 특성에 따라 조합하거나 분개하여 관리되며 [PMU Combine]에서는 LBS 체계에 의한 조합형태에 따라 PMU를 생성한다. [PMU]와 [Progress Mgmt]는 One to One의 관계를 맺고 있으며 현장에서 관리하기 용이하고 정확성이 높은 [Finish or not](완료 여부), [percentage] (추정측정)의 방법으로 세분화하였다. [Method Classification]과 [subcontractor]를 Many to Many의 관계를 맺고 있어 공종별 협력업체를 확인하거나 협력업체별 기성액을 확인, 관리한다.

6.2 진도관리체계 프로세스 도출

6.2.1 계획 단계

기존의 견적관리자와 BIM 모델러는 오직 발주자가 요구하는 견적 상세정도에 따라 물량 산출작업을 실시했기 때문에 진도관리시 견적데이터를 효율적으로 활용하기가 어려웠다. 그러므로 BIM 모델을 생성하기 전 견적관리자와 BIM 모델러, 진도관리자는 어떠한 수준의 진도관리를 할 것이며, 총물량, 실물량 및 상세 마감객체 등 필요로 하는 상세 내용을 BIM 모델러 및 견적관리자와 협의한다. 견적관리자와 BIM 모델러는 협의가 이뤄진 상세수준을 바탕으로 각 업무를 수행한다.

6.2.2 프로젝트 및 견적데이터 생성단계

견적관리자는 생성된 BIM 모델을 바탕으로 견적시스템에서 프로젝트 정보와 시설물 정보를 입력하며 공간에 따른 Recipe, Method, Resource를 생성하고 연계한다. 마지막으로 3D Object와 Recipe를 연계하면 최종 물량 산출 작업이 완료된다.

진도 관리자는 해당 프로젝트를 생성하며 사용자를 등록한다. 진도 관리자는 견적 프로그램의 DB에 관여하여 진도관리에 필요한 주요 DB를 선택적으로 가져오며 견적데이터의 수정 시 견적데이터가 자동으로 업데이트되기도 관리자의 의사에 의해 선택적으로 업데이트한다.

6.2.3 진도관리단위(PMU) 생성단계

Method 형태의 견적데이터를 Task로 치환하여 총 공사 비용을 기준으로 단위를 통일하며 치환된 Task를 공종별 특성에 따라 동, 층, 실별로 조합한 뒤 3가지의 진도관리단위 생성타입에 따라 일일 진도관리단위를 생성한다.

진도관리자는 연계된 견적데이터를 바탕으로 공종별 협력업체를 등록하며 발주자와 감리자는 진도관리 후 공종별로 기성액을 확인할 수 있다.

6.2.4 진도율 입력 및 확인단계

생성된 진도관리단위를 바탕으로 완료 여부나 추정에 의한 방법으로 진도율을 입력하며 필요시 첨부 파일을 올리거나 부연설명을 작성한다. 이를 바탕으로 최종적인 일일 진도율과 그에 따른 일일 기성액을 확인하며 최종 보고서로 출력한다.


7. Pilot Test

7.1 Pilot test를 적용할 프로젝트 개요

본 연구에서 도출된 진도관리체계의 현장적용 타당성과 효율성을 검증하기 위해 서울 강동구에 위치한 업무시설 현장을 대상으로 Pilot test를 진행하였다. 상세견적과 상세공정까지 관리한다는 가정하에 ArchiCAD 12를 사용하여 모델링하였으며, 이와 동시에 Recipe, Method, Resource 체계를 사용하는 소프트웨어 중 가장 널리 쓰이는 Estimator를 사용하여 Recipe, Method, Resource를 생성하고 연계하였다. 먼저, 최후손 마감과 같이 모델링되지 않는 항목은 Recipe, Method, Resource 생성 시 직접적으로 입력하였다. 이후 ArchiCAD Add-On을 통해 3D 객체(Object)와 Recipe를 연계하여 객체의 물량정보를 물량 산출 프로그램에 연동하였다. 최종적으로 물량 산출 프로그램에서 객체의 수량정보를 불러들여 Recipe, Method, Resource에 객체별 공사방법과 항목별 단가가 나타났으며 객체의 치수 및 수량이 곱해져 공사금액이 산출되었다.

또한, 견적데이터를 활용하여 3가지 타입의 진도관리단위를 생성하고 진도율을 입력하여 일일 진도율과 일일 기성액을 도출하였으며 최종적으로 데이터 분석을 하였다.

표 9. Pilot Test 현장 개요

BIM 모델	현장명	성내동 업무시설 신축공사
	공사기간	2010.06.02 ~ 2011.03.28
	건축면적/건폐율	456.53㎡ / 47.80% (법정 50%)
	연면적/용적률	3,823.61㎡ / 245.36% (법정 250%)
	규모	지하 2층, 지상 6층
	구조	철골철근콘크리트, 철근콘크리트

7.2 Pilot test 내용 및 결과

Pilot test시 진도관리체계 프로세스에 따라 전 공종의 Method를 Task로 변환하였고 총 41개 실, 20개의 공종에 774개의 Task가 발생하였다.

골조공사는 전체 Task 64개 중 진도관리단위로 생성할 때 개수는 45개로 정량적으로 큰 차이를 나타내지 않았으며 대부분 층 단위로 구분되어 A Type의 단일 Task로 진도관리단위가 생성되었다.

전체 Task 중 마감공사의 Task는 711개로 총 공사기간 중 마감공사 기간에 수행되는 Task의 수는 일당 약 8개이다. 이를 건물의 규모, 층 반복성을 고려하여 공종의 특성 및 해당 공정의 시공순서에 따라 Task를 조합하면 총 247개의 진도관리단위가

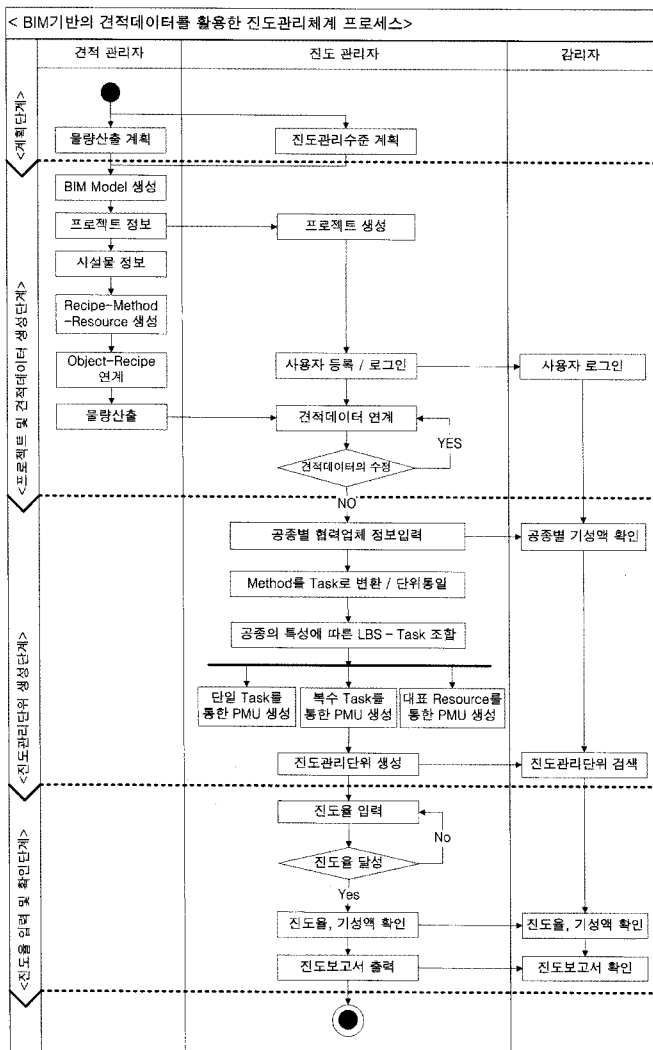


그림 7. 진도관리체계 프로세스

생성된다. 처음 Task가 생성되었을 때 보다 관리해야 하는 Task의 수가 64%로 감소하였으며 이는 일당 약 3개의 Task를 관리하는 수치였다. 비교적 작은 규모의 건축물이었기에 LBS 체계에 의해 다수의 층 물량과 실 물량이 조합되면서 진도관리 단위의 개수가 비교적 많이 줄어들었다.

표 10. 단일 Method(Task)에 의한 진도관리단위 생성 (A type)

종	LBS			진도관리단위	총공사 비율 (%)
	층	실	부위		
본동	지상 1층	-	-	콘크리트 타설	4,254
본동	지상 5층	-	바닥	Deck 설치	1,657
본동	지상 3층	화장실(남) 화장실(여)	천정	PVC 천장재	3,546
본동	지하 1층 지상 1층	방재실 통신실	바닥	OA 플로어(H=100)	2,245
본동	지하 2층	옥상정원 옥탑지붕	벽	0.5B 시멘트벽돌	3,254
본동	지상 5층	외장	벽	테라코트	8,116

표 11. 복수의 Method(Task)에 의한 진도관리단위 생성 (B type)

종	LBS			진도관리단위	총공사 비율 (%)
	층	실	부위		
본동	지상2층 지상3층	계단실 화장실	벽	청틀설치+청틀 주위모르타르충진	2.3
본동	지상5층 지상6층	화장실	벽	타일벽 코너가드 +자기질타일	6,354
본동	지하2층	지하주차장	벽, 바닥	모르타르바름 +액체방수	2,325
본동	지상3층	화장실 청소도구실	천정	PVC천장재 +PVC몰딩	1,245
본동	지하층	방재실	천정	알루미늄천장재 +AL몰딩 설치	0.214

표 12. 대표 Resource 조합에 의한 진도관리단위 생성 (C type)

종	LBS			진도관리단위	총공사 비율 (%)
	층	실	부위		
본동	지상1층	소매점	천정	인서트	0.021
본동	지상1층	소매점	천정	캐링천널	0.858
본동	지상2~6층	화장실	창호	창호틀	1.021
본동	지상2~6층	화장실	창호	창호문짝	0.954
본동	지상4층	계단실	기타	앵커	0.236
본동	지상4층	계단실	기타	난간	0.788

표 13. 일일 진도율 및 기성액의 예

LBS	진도관리단위			총 진도율
	Name	총공사비율	진도율	
본동 지하2층_지하주차장_바닥	유색하드너	0.154	25%	0.038
본동 지하2층_화장실_바닥	자기질타일	1.254	100%	1.254
본동 지상1층_소매점(1~8) 벽	수성페인트(회)	0.447	50%	0.223
본동 지상4층_복도_바닥	Dry Wall-100	1.111	0%	0
본동 지상2층_외장_벽	테라코타	2.957	75%	2.218
일일 진도율 (각 PMU 합계)			3.73%	
일일 기성액 (일일진도율*총공사금액)			74,660,000 원	

3가지 생성타입에 따라 진도관리단위를 생성한 뒤에 표 13과 같이 해당 일자의 취합된 일일 진도관리단위의 총 공사 비율에 각각의 진도율이 곱해지면 각 진도관리단위의 최종 진도율이 도출된다. 각 진도관리단위의 진도율 합이 일일 진도율이 되며 이를 총공사비율과 곱하면 일일 기성액이 된다. 최종적으로 생성되는 3가지 생성타입의 진도관리단위와 일일 진도율 및 일일 기성액은 위와 같다.

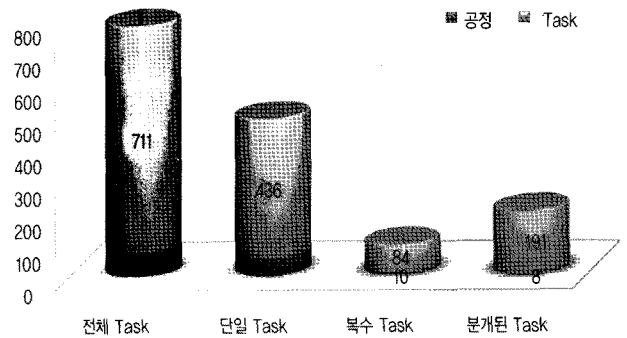


그림 8. 성내동 업무시설 타입별 Task 비율 (마감공사)

프로젝트의 전체 Task 중 61%는 단일 Task에 의한 진도관리 단위를 생성하였으며, 견적데이터를 활용하여 Task를 생성하면 별도의 Task를 생성하는 작업이 생략되어 작업의 생산성이 향상될 수 있음을 나타내었다. 복수의 Task를 통해 진도관리단위를 생성하는 경우 다양한 공종에서 발생하였으며 전체 Task의 12%를 차지하였다.

대표 Resource에 의해 진도관리단위가 생성되는 Task는 전체 Task 중 27%로 본 테스트의 경우 분개 전의 공정 수는 적었으나 진도관리단위가 생성되는 Task의 개수는 상대적으로 많았다. 대부분 시공 시 구조체에 고정해야 하는 금속공사나 창호공사에서 발생하였다.

8. 결론 및 기대효과

본 연구에서는 BIM 모델링 계획에 의해 BIM 모델을 생성하고 BIM 기반의 견적프로그램을 통해 산출된 견적데이터의 LBS, Recipe, Method, Resource의 위치, 부위, 공사방법, 금액 등의 물량 정보 흐름과 각 요소정보가 어떻게 Method와 연계되는지 나타내었다. 이를 바탕으로 LBS 및 공종의 특성에 따라 Task를 조합하고 3가지 진도관리단위 생성타입에 의해 진도관리단위를 생성하였다. 진도관리단위의 총 공사 비율을 통해 최종적으로 일일 진도율 및 일일 기성액을 확인하는 정보모델을

제시하였고 파일럿 테스트를 통해 전체 공종의 견적데이터가 3가지 진도관리단위 생성타입에 따라 전반적인 공종에서 진도관리단위를 생성할 수 있음을 검증하였다.

기존의 BIM 기반의 진도측정방법은 공정프로그램을 통해 Task를 별도로 생성하고 실행내역에 Task를 매핑하여 물량 분개하는 어려움이 있었다. 그러나 본 체계는 BIM 기반의 견적데이터와 연계하기 때문에 Task를 별도로 생성할 필요가 없으며 실행내역과 매핑하고 물량을 분개할 필요가 없다. 결과적으로 본체계를 통해 진도관리하는 프로세스가 현저하게 감소한다.

3가지 진도관리단위 생성타입에 따라 진도관리시 각 Task를 그룹화하여 관리하기 때문에 생산성 있는 진도율 측정이 가능하다. 또한, BIM 기반의 견적데이터를 활용하기 때문에 정보의 재 활용성이 향상되며 설계변경에 따른 재 작업율이 감소하여 작업의 효율성이 향상된다. 일정별로 진도를 관리하기 위해 공정 프로그램과 연동하여 일정정보를 입력하면 시기별로 진도를 관리할 수 있다. 또한, 일일 진도율 및 기성액을 확인할 수 있기 때문에 현장의 공사 진척상황을 본사에서 실시간으로 파악하며 공사의 정확성과 투명성을 높일 수 있다.

현재는 프로토타입의 진도관리체계이지만 향후에 진도관리단위 생성타입에 따라 Task를 자동으로 조합, 분할하는 알고리즘을 생성하고 시스템을 개발하면 공사 현장에서 진도관리에 대한 대안 평가 및 의사결정의 지원도구로 활용될 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 건설기술혁신사업(과제번호 : 06첨단융합E01)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

참고문헌

- 김우영 · 김옥규 · 최윤기 · 이현수 (2002), “공통자와 분류체계에 의한 비용/일정 통합모델 개발”, 대한건축학회지, 제18권 제 8호 통권 제166호, pp. 99~106
- 박찬정 (2006), “린 건설 사례”, 한국건설관리학회지 7(3), pp. 13~16
- 배신호 (1989), “건설공사에 있어서 진도관리의 효율화에 관한 연구”, 중앙대학교 석사학위논문
- 안승준 · 이현수 · 박문서 · 김우영 (2009), “공정 원가 통합관리를 위한 BIM 기반 객체지향형 공정 모델링”, 대한건축학회지, 제25권 제12호 통권 제254호, pp. 165~174
- 안재홍 · 장명훈 (2009), “수량산출정보를 이용한 공정 원가 통합 방안”, 대한건축학회지, 제25권 제2호 통권 제244호, pp. 133~140
- 윤수원 (2003), “작업의 특성을 반영한 진도 측정 방안에 관한 연구”, 성균관대학교 석사학위논문
- 이복남 (1997), “건설공사 진도 및 기성고 산정 방법 개선”, 한국 건설산업연구원, pp. 9~10
- 정영수 · 강승희 · 진상윤 · 김예상 · 정문헌 · 박순찬 (2004), “건설진도율 산정을 위한 진도관리단위에 관한 연구”, 한국건설 관리학회 학술발표대회 논문집, pp. 565~571
- 정준호 · 이창희 · 김성아 · 진상윤 · 최철호 (2010), “국내 건설산업에서의 물량산출 특성을 고려한 공법기반 견적자동화 시스템개발”, 한국전산구조공학회 학술발표대회 논문집
- 최철호 · 박영진 · 한성훈 · 진상윤 (2006), “레서피(Recipe) 기반의 견적 방법을 이용한 5D CAD”, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, pp. 154~160
- Hendrickson, Chris. (1989), “Project Management For Construction”, Prentice Hall
- Kim, J. J. (1989), “An object-oriented database management system approach to improve construction project planning and control”, Thesis presented to the U. of Illinois, at Urbana, Ill.
- Teicholz, M. (1987), “Current needs for cost control system”, Conference Proceeding on Project Control: Needs and solutions ASCE, pp. 47~57
- Kenley, Russell. and Seppanen, Olli. (2010), “Location-Based Management for Construction”, 1st ed., Spon Press, New York, pp. 125
- Chin, S. Y., Kim, K. R. and Kim, Y. S. (2005), “Generate-Select-Check Based Daily Reporting System”, ASCE Computing in Civil Engineering, Volume 19, Issue 4, pp. 412~425
- Spencer, gray Rock. (1987), “Integration of cost estimation with critical path scheduling”, A Doctoral Dissertation, Oklahoma State University, pp. 8~10
- Vico Software (2008), “Virtual Construction 2008 User Guide”, pp. 18~19
- Rasdorf, William J. and Abudayyeh, Osama Y. (1991), “Cost and Schedule Control Integration: Issue and Need”, Journal of Construction Engineering and

Management, Vol. 117, No.3, pp. 486~502

논문제출일: 2010.12.13

논문심사일: 2010.12.17

심사완료일: 2011.06.02

Abstract

Reliable progress management at construction sites requires integrated information of cost and schedule, and the information is used as a basis for project performance measurement. However, separate handling of cost and schedule information at construction projects makes objective measurement more difficult and decreases management productivity due to additional works for breaking down bill of quantities into corresponding activities. Recently, research related to BIM addresses issues on effective progress management based on BIM with incorporation of daily progress management. Therefore, the objective of this paper is to propose information model for daily progress rate and budgeted cost of work performed by utilizing BIM-based quantity take-off and its location information.

Keywords : *Building Information Modeling, Estimate Data, Progress Management Unit, Daily Management*
