

내역물량 측정에 의한 건설공사진도를 산정시스템

Construction Progress Measurement System by Tracking the Work-done Performance

최 윤 기 *

Choi, Yoon-Ki

요 약

건설공사관리체계는 실적자료를 바탕으로 운영되어야 하며, 공사실적을 정확하게 파악하기 위해서는 합리적인 건설공사진도를 측정기준 및 그에 따른 진도를 산정방법이 필요하다. 본 연구에서는 건설공사관리체계 구축에 필수적인 건설공사진도를 산정 시스템 개발 및 그 시스템의 합리적인 운용 방안을 제시하였다. 그 방법으로서 분할된 단위작업들은 공사 진행에 따라 집행된 내역물량을 기준으로, 상위레벨의 작업범위에 대하여는 실행기성(earned value)을 바탕으로 건설공사의 진도를 산정할 수 있는 시스템(construction progress measurement system; CPMS)을 제시하였다. 일반PC의 Window환경에서 제공되는 프로그래밍 인터페이스(interface) 기능인 ODBC(Open DataBase Connectivity)는 상이한 프로그램간의 데이터 교환을 통해 정보공유를 가능케 하고 있다. 본 연구에서 제시하는 건설공사진도산정 시스템은 ODBC를 통해, 상용 일정관리프로그램을 활용해서 생성된 데이터를 그대로 이용하고, 시스템내에서 생성된 데이터는 일정관리프로그램에 갱신(update)된 정보로 제공된다. 제안된 건설공사진도산정시스템의 실용화를 촉진시키기 위해서는 진도를 측정에 의한 수치값을 분석하여 향후 공사의 전망등을 예측할 수 있어야 하는데 이에 대한 연구가 필요하다.

키워드 : 단위작업, 내역물량, 공사진도율, 실행기성

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

일정이라든가 비용만의 현장상황 파악으로는 공사가 잘 진행되는 것처럼 보여질 수 있더라도 공사완료시점에 비용상승이나 공사지연상태로 표출될 수 있다. 이러한 현상은 건설공사관리체계에 작업진도 측정이 포함되지 않을 경우 발생하게 된다. 또한 건설공사 진도관리의 중요성은 항상 강조되고 있으나 현재 대부분의 현장에서는 공사일정에 의한 단순한 관리방법을 적용하기 때문에 프로젝트의 현황파악 및 집계가 용이하지 못하여 각 관리부문별(일정, 물량, 비용 등)자료가 일관성 없이 작성, 보고되고 있다. 현실적 공사관리를 위한 건설공사진도관리모델은 기준 공정표에 의한 일정계획을 참조하여 각 공종별 또는 작업별 진도를 산정기준을 수립하고 진도계획 및 실적을 계량화 함으로써

정확한 사업수행현황을 제공할 수 있어야 한다.

정확한 건설공사 진도관리를 위해서 작업량을 객관적이고 계량화하는 기준 및 진행상황이 정확히 반영된 진도를 산정을 필요로 한다. 일반적으로 상용 일정관리 전산프로그램을 통해 단위작업의 계획일정에 대한 진행일정의 비로 진도율을 표시하고 있고, 일부 실행기성(earned value)에 의한 방법을 적용하고 있으나 그 자세한 내용의 제시는 미진한 상태이다. 내역위주의 현장관리가 되고 있는 상황에서 전체공사관리에 필요한 정확한 공사진도정보를 제공하기 위해서는 각 단위작업마다의 물량 또는 공사비에 의한 진도율로 관리되어야 한다. 예를 들면, 일정관리상 공사일정만 갖고 있는 작업이 존재하므로써 실제진도율관리에 영향을 주어서는 안된다. 따라서 공사일정스케줄에 의한 일정관리와 공사물량 또는 공사비에 의한 건설공사진도관리모델을 통한 진도관리의 이원화가 필요하고, 정보의 공유를 통한 통합된 시스템이 요구된다.

상용화된 공사관리 전산프로그램에서 일반적으로 제공되는 진도율은 각 단위작업의 일정을 기준으로 산정되므로 국내 여건

* 종신회원, 숭실대학교 건축학부 교수, 공학박사, 기술사

- 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음

에 맞는 건설공사 진도관리에 미흡하다. 또한 대부분의 상용 공사관리용 전산프로그램에서는 공사전체 작업들의 내역 물량이나 비용을 할당하기가 쉽지 않으며, 할당시켰을지라도 단위작업에 많은 내역항목이 할당될 경우 물량에 대한 진도율을 측정하기가 어렵고, 운영하기에 많은 노력이 소요된다. 따라서 일정관리와 건설공사진도관리모형을 통한 진도관리를 이원화하여 장점을 살려야 하며, 이를 관리하기 위한 통합시스템을 구축하여 데이터의 공유화를 통한 일원화 작업으로 일정 및 진도관리를 하여야 한다.

따라서, 본 연구는 건설공사관리체계에 정확한 현장실적자료를 제공할 수 있는, 국내 실정에 적합한 분할된 단위작업의 건설공사진도율 산정시스템 제시를 그 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설공사진도율 산정방법의 경우, 각 단위작업에 대해서는 작업물량에 의한 방법 및 주관적인 판단에 의한 방법 등이 쓰이고 있고, 상위레벨¹⁾의 작업범위에 대하여는 실행기성(earned value)에 의한 방법을 주로 쓰고 있다. 본 연구에서는 국내 내역 위주관리 여건에 맞는 분할된 각 단위작업의 건설공사진도율 산정 모델의 제시로 연구범위를 제한하고, 연구의 방법은 건설공사진도율 산정에 대한 기존연구를 문헌을 통하여 고찰하고, 분할된 단위작업들의 공사진행에 따른 작업물량 기준에 의한 건설공사진도관리 모델을 제시하여, 이와 관련된 시스템의 구조와 운영체계를 제시한다.

2. 예비적 고찰

2.1 건설공사진도관리의 개념

예정공정표와 실제공정표를 대비하여 공사의 진행을 관리하는 것을 진도관리라 한다. 진도관리의 실체는 공기의 중간에 적당한 시기마다 실시진도를 측정하고, 예정진도와 비교하여 예정보다 실사가 지연되면 시공속도를 높이는 제반조치를 강구하는 것이다. 이러한 진도관리는 공사진행을 예측하여 일정계획과 자원투입계획을 조정하는 데에 사용되고, 공사재무계획을 위한 자료로도 사용된다.(배신호, 1989)

건설경영측면에서 보면 투입된 예산과 작업진도율이나 작업량을 비교해서 사업 초기단계에서 부터 진도와 투자비를 비교 분석하여 문제점을 사전에 파악하여 대책을 세워나가는 것이 절대적으로 필요하다. 즉 사업의 예산은 항상 업무량과 연계해서

증감이 분석되어야 한다. 이 것이 가능해지기 위해서는 예산의 계량화 만큼이나 작업량을 객관적이고 계량화하는 기준이 필요하게 된다.(이복남, 1997) 즉, 현재 상황을 정확히 반영한 진도율 산정이 요구되는 것이다.

2.2 건설공사진도관리 방법

단위작업에 대한 진도율 측정의 일반적인 방법으로 다음과 같은 방법들(CII, 1987)이 제시되고 있다.

- (1) 완료물량 측정(Units Completed) : 쉽게 측정이 가능하고 각 단위작업에 필요한 노력이 거의 같은 반복되어지는 작업에 적합하다.
- (2) 진행단계별 측정(Incremental Milestone) : 순차적으로 진행되는 하부작업군으로 구성되어 있는 작업에 적합하다. 작업진행율은 각 작업에 소요될 노무량에 기준하여 제시되어진다.
- (3) 시작/완료 구분에 의한 측정(Start/Finish) : 하부작업군 구분이 어렵거나 단위작업기간별 노력도를 측정하기 어려운 작업에 적합하다.
- (4) 추정에 의한 측정(Supervisor Opinion) : 어느 특정의 측정방법 적용이 어려운 상대적으로 주요하지 않은 작업에 적합하다.
- (5) 공사비 비율에 의한 측정(Cost Ratio) : 기간이 긴 또는 프로젝트진행되면서 지속적으로 진행되는 일식으로 예산이 잡히는 작업에 적합하다.
- (6) 가중치에 의한 측정(Weighted or Equivalent Units) : 서로 작업진도측정단위가 다른 몇개의 하부작업으로 구성된 기간이 긴 작업에 적합하다.

이와 같이 작업진도측정 방법은 여러가지가 있고 이에 따른 각 단위작업의 진도율이 결정되면, 다음은 전체프로젝트의 또는 서로 다른 유형의 작업들의 총진도율 결정이 필요하고 현상황의 또다른 평가가 이루어져야 한다. 이러한 부분에 적용될 수 있는 것이 실행기성(earned value)인 것이다. 실행기성은 작업노무량 또는 금액으로 표시된 예산에 기준을 둔다. 이에는 고정예산 방법(fixed budget approach)와 변동예산방법(variable budget approach)이 있고, 단위작업에 대한 실행기성은 해당작업의 진도율에 그 작업에 대한 예산을 곱하여 이루어진다. 다음은 이러한 측정 및 산출 결과치를 분석하여 계획과 대비하여 작업의 현재진행되고 있는 상태를 어떻게 진단하느냐 하는 것이다. 이 것은 실행기성으로서 가능하다. 즉 계획된 예산값과 인정된 기성값에 실투입값을 대비하면 분석이 가능해 진다. 즉 CSCSC(cost and schedule control system criteria)²⁾에서 표기되고 있는 값의 조합된 분석으로 비용 및 일정진행상황을 파악할 수 있다.(CII, 1987)

1)작업에 대한 분류체계는 계층구조로 되어 있으며, 작업항목(work items), 레벨(levels), 작업군(work packages)으로 이루어진다. 여기서 레벨은 계층구조의 각 단계를 말한다. (Popescu, 1995)

건설공사진도율은 공기지연의 정도를 계량화하여 표시하는데 사용되고, 예정 공기 대비 지연 사유분석의 기초자료로 사용된다.(이복남, 1997) 일반적으로 공사가 진행되면서 다음의 질문을 받게 되는데, ① 언제 공사가 완료될 것인가? ② 완료시점에 총공사비는 얼마나 될 것인가? ③ 공사가 완료되면 얻어지는 이익은 얼마나 될 것인가? 이러한 질문에 대한 답은 생산성 측정에 의한 실적 평가, 최종 공사비 예측 및 손익금 예측 등에 의해 가능해 질 수 있다.(CII, 1990)

2.3 건설공사진도를 산정의 기본요소

건설공사진도관리에 필요한 건설공사진도율을 산정하기 위해서는 실질행된 비용과 일정을 계획과 대비하여야 한다. 건설공사진도율 산정을 위한 기본요소는 일정계획, 예산, 가중치, 표준진도율곡선, 단위작업 달성도, 진도율등으로 구분되며 각각에 대한 정의는 다음과 같다.(한국전력공사)

- ① 일정계획 : 진도율산정 관리항목별 착수시점과 완료시점을 설정한다.
- ② 예산 : 진도율산정 관리항목별 소요 공사비를 설정한다.
- ③ 가중치 : 소요 공사비, 소요 노무량, 기능상 중요도, 물량등을 기준으로 설정한다.
- ④ 표준진도율 곡선 : 관리항목별 특성에 따라 참고로 사용한다.
- ⑤ 단위작업 달성도 : 소화 물량비율 등의 방법으로 측정한다.
- ⑥ 진도율(progress rate) : 단위작업 달성도에 해당 가중치를 곱하여 계산된 수치를 말한다

2.4 건설공사진도를 산정방법 분석

Eldin(1989)은 비용과 일정 정보의 통합을 위한 WBS와 진도율의 척도제공을 위한 실행기성개념의 두개의 관리 개념을 적용하고 있고, 비용, 일정, 진도율의 세가지 기본요소가 계속 연계되어 있으면서 시간이 경과되가면서 변해가는 값들이기 때문에 비용과 일정의 추적이 어렵다는 것을 강조하고 있다. 이러한 어려움을 줄이기 위한 건설공사진도율의 실제적인 측정 방법을 위해 공사 초기에 다음의 두가지 조건이 만족되어 져야 한다고 제시하고 있다.

- ① 어느 레벨에서 진도율을 측정할 것인가
- WBS는 진도율 측정의 레벨을 정의해 주는 관리도구이다. 또

한 WBS는 비용과 일정 정보를 연계시켜주는 열쇠이기도 하다. 여기에서 통합은 하나의 WBS내의 각 작업들에 일정계획의 액티비티로 표시되어 지고, 또한 단일 비용코드가 부여됨으로서 이루어 진다. 이렇게 됨으로서 각 액티비티의 비용이 관리목적상 추적되어지고 비용과 일정이 통합될 수 있다.

② 진도율 평가에 대한 기준 설정

진도율 측정에 적용되었던 세가지 기준은 공사비용, 완료작업량, 실행기성등이다. 공사비용 적용시 진도율은 총 공사예산에 대한 현재까지 공사비용의 비로 나타내 진다. 여기에서의 문제점은 진도율 측정은 단순 투자 비용보다는 실질행 물량에 의하여야 한다는 것이다. 즉, 완료작업량에 의한 진도율 측정 원칙은 초기단계에는 적정하나, 서로 다른 측정단위(예, 길이, 무게, 면적 등)가 커다란 장애 요인이 되었다. 이러한 서로 다른 측정단위는 하나의 작업 진도율 측정을 위해 하부요소들간의 합산을 어렵게 하였다. 또한 전체 공사의 진도율을 표시하기 위해 별도의 가중치를 적용하기 전에는 서로 다른 작업들간의 합산도 어렵게 하였다. 또한 같은 측정단위의 작업도 조건에 따라 서로다른 비용을 필요로 한다. 이러한 진도율 측정의 어려움이 실행기성개념의 발전을 유도하게 하였다. 이 개념은 실 투입량에 관계없이 계획 또는 실행기성 값으로 나타낸다. 그러나 이 방법은 개략적 관리범위(summary level)에서 완성되어 졌고, 그 이후 건설 프로젝트에 적용할 수 있는 더 자세한 내용의 진전이 없는 상태이다.

Eldin(1989)이 제안한 진도율 측정 방법은 단위작업들의 전과정을 관리시점별로 단계를 구분하고 실행기성개념을 적용하여 관리시점에 실행기성을 부여하였다. 이 실행기성은 각 작업의 예산, 공기 또는 작업물량의 비율이 표시되어 질 수 있다. 각 작업의 서로 다른 관리시점 및 기성방법이 적용되어져야 한다. 데이터는 계정번호(account number), 예산(budget data), 관리시점진도율(control points percentages), 관리시점현황(status of control point) 등의 네개의 카테고리르 갖는다. 계정번호는 WBS내의 최하위 레벨의 각작업들에 부여되는 단일한 번호이며, 이는 WBS체계구조에 의해 각 레벨별로 취합되어 질 수 있도록 번호체계를 갖어야 한다. 실행예산은 금액이나 노무량 또는 작업물량으로 표시되어 질 수 있다. 그 계산식은 식(1) 및 식(2)와 같다.

$$PC = \sum (CPI \times Ai) \tag{1}$$

$$EV = CB \times PC \tag{2}$$

여기에서, 실행기성 (EV : Earned Value)
 진도율 (PC : the percent complete for the work item)
 실행기성율 (CPI : the earning percentage associated with i)
 항목별 진행율 (Ai : the actual progress accomplished on i)
 실행예산 (CB : Current Budget of Subject Work Item)

2)1967년 12월에 미국국방성은 선택된 조달물자에 대한 공정진척도를 측정하기 위하여 씨스팩(C-Spec)으로 알려진 CSCS (Cost and Schedule Control System)을 제정하여 새로운 프로젝트 관리에 대한 발전이 이루어 졌다. 씨스팩이란 건설공사와 같은 프로젝트의 비용집행 현황을 관리하기 위한 기준으로 현황에 대한 평가는 물론 추후 공정에 대한 예측을 가능케 함으로써 프로젝트 관리의 효율을 향상시킬 수 있는 도구가 된다. (김경래, 1997)

한편 유사 평가 방법으로 가중치에 의한 WPC (weighted percent complete)방법³⁾은 건설프로젝트의 진도율 측정을 위해 널리 쓰여진 방법이다.

Eldin(1989)에 의하면, WPC방법은 각 단위작업의 진도율이 측정되어야 하는데, 이 방법은 각 작업의 분개작업이 명확치 않고(예를 들면 기초공사의 터파기, 거푸집, 철근조립, 콘크리트 타설 등), 분개된 각 요소작업의 측정기준의 명확한 기준 마련이 어렵다고 지적하고 있고, 또한 WPC의 계산과정과 유지관리가 방대해진다고 하였다. 반면 Eldin이 제안한 시스템은 견적당시의 자료와 눈으로 확인된 현장상황 확인 정도로도 운영이 가능하다고 하였으나, 그 제안 역시 각 단위작업의 관리시점별 실행 기성 부여의 표준기준이 없는 상황에서 현실적용에 한계가 있다고 판단되어, 본 연구에서는 기존 WPC의 적용을 전제로 현실성 있는 각 단위요소의 측정을 단순화시키는 방법을 제시하는데 초점을 맞추었다.

국내에서 선진 사업관리기법을 일찍 적용하고 있는 한국전력공사의 경우 진도율산정 프로그램은 각 분야별 특성에 따른 가중치 및 진도정보 파일 자료를 이용하여 진도율관리에 필요한 입력, 진도율계산 및 각종 보고서를 생산하고 관리항목별 계획 진도율과 실적진도율을 종합관리 운영하고 있다. 계획진도율은 공종별 달성 목표치를 나타내며 표준진도율곡선에 따라 수립하고, 실적진도율은 총물량 대비 실적물량 등의 계산법을 적용한다.(한국전력공사)

3. 내역물량 측정에 의한 건설공사 진도관리모델

공사 진행에 따른 실적과 계획을 대비하면서 향후전망을 하기 위해서는 정확한 현장 실측 자료가 필수적이며, 이를 위해 작업 진도율을 어떻게 측정 및 산정하고 평가하는가 하는 절차가 필요하다. 본 연구에서는 국내 건설현장의 주요관리 대상인 내역물량 측정에 의한 건설공사진도관리모델을 제시한다.

3.1 건설공사진도율 산정방법

건설공사진도율의 관리범위는 일정과 비용 정보가 동시에 할당된 세분된 단위작업으로서, 일정관리대상인 액티비티 레벨을 건설공사진도율의 최소단위로 하며, 각 액티비티의 작업진도율 산정을 하기 위해서는 각 액티비티에 속한 각 내역의 물량 집행율을 가중치에 의해 집계하는 방법을 제시한다. 각 액티비티의 진도율 측정방법은 여러방법을 액티비티 성격에 따라 달리

적용할 수 있으나 본 연구에서는 간단하게 일정한 틀에 의한 국내의 내역 중심의 현장관리를 수용하는 방법으로서 액티비티에 속한 내역항목의 집행율을 측정하여 그 중요도를 감안한 가중치를 적용하여 액티비티 진도율을 산정하는 방법을 제시한다. 액티비티의 상위 레벨에 대한 진도율 산정은 각 액티비티의 객관적인 상대적 비중도를 맞추기 위해 공사비에 의한 실행기성값의 집계에 의한 방법을 이용하였다.

효율적인 건설공사진도관리를 위하여 제시된 대표내역 물량에 의한 그리고 가중치에 의한 건설공사진도관리모델의 대표물량에 의한 건설공사진도관리란, 액티비티에 할당된 모든 내역항목의 물량을 관리하는 것이 아니라, 해당 액티비티의 공사수행에 가장 큰 영향을 미치는 내역항목의 물량이나, 가장 비용비중이 큰 내역항목의 물량에 대해서만 진도관리를 하는 것이다. 가중치에 의한 건설공사진도관리모델은 대표물량에 의한 방법이 큰 오차를 줄 수 있는 액티비티의 경우, 그 액티비티에 속한 선택된 복수의 내역항목에 가중치를 할당하고 그 가중치에 따라 공사진도를 관리하는 방법이다.

예컨대, 액티비티A의 관리대상 내역항목이 a1, a2, a3, a4, a5이고 가중치 및 현재 진도율이 표 3-1과 같을 때, 액티비티A의 진도율은 다음 식(3)과 같이 산정될 수 있다.

$$\text{액티비티A의 진도율} = \{(40 \times 50) + (30 \times 50) + (15 \times 100) + (10 \times 10) + (5 \times 0)\} \div 100 = 51\% \quad (3)$$

표 3-1. 액티비티A의 내역아이템과 가중치 및 집행율

내역아이템	가중치(%)	집행율(%)
a1	40	50
a2	30	50
a3	15	100
a4	10	10
a5	5	0

주) 각 내역항목의 집행율(%)은 해당 내역항목의 물량에 대한 실적 집행물량의 비율로 측정한다.

3.1.1 단위작업의 진도율 측정방법

본 연구의 앞장에서 고찰한 건설공사진도율 측정방법을 토대로 건설공사진도율의 최소단위인 단위작업 진도율을 산정하기 위한 방법을 아래와 같은 기준에 의하여 결정하였다.

- (1) 단위작업 자체로 작업진도율 측정이 가능한 경우, 그 단위작업의 진도율은 단위작업 레벨에서 입력토록하고, 이 경우 그 단위작업에 속한 내역 항목들도 단위작업의 진도율과 동일하게 반영시킨다. 각 단위작업의 실행기성(earned value)은 식(4)와 같이 실행예산에 진도율을 곱하여 구한다.

3) Eldin, Neil N. (1989). "Measurement of Work Progress: Quantitative Technique." Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 115(3), pp. 469.

$$EV = CB \times PC \tag{4}$$

여기에서, 실행기성(EV : earned value)
 실행예산(CB : current budget)
 진도율 (PC : progress of completed work)

(2) 단위작업에 속한 내역항목의 집행 물량 또는 진도율을 측정하여 단위작업의 진도율을 산정할 경우, 그 단위작업의 진도율은 단위작업에 속한 각 내역 항목의 가중치 합이 100%가 되도록 내역 항목의 중요도 등을 감안하여 식(5)와 같이 가중치를 부여하여 내역 항목의 측정된 진도율을 곱한 값의 합으로 해당 단위작업의 진도율을 산정한다. 내역 항목의 진도율 입력이 아닌 집행 물량을 입력할 경우에 내역 항목의 집행율은 식(6)과 같이 실행 물량에 대한 집행 물량의 비로 계산한다. 각 단위작업의 실행기성(earned value)은 단위작업에 진도율을 직접 입력할 경우와 동일하게 구한다.

$$PC = \sum (WFi \times PWi) \tag{5}$$

$$PW_i = BQWP \div BQWS \tag{6}$$

여기에서, 단위작업 진도율 (PC : progress of completed activity)
 가중치 (WF : weight factor on i)
 내역 집행율(PWi : progress of work-done performance on i)
 집행 물량 (BQWP : Budgeted quantity for work performed)
 실행 물량 (BQWS : Budgeted quantity for work scheduled)

3.1.2 단계별 진도율 산정방법

미리 정해진 관리단위분류체계에 의한 분류상 단위작업의 상위 레벨에서의 건설공사진도율은 식(7)과 같이 구하고자 하는 분류항목의 하부레벨의 실행기성합계와 해당 분류항목의 실행 예산과의 비율로 해당항목의 건설공사진도율을 산정한다.

$$PC(n) = \sum EV_i \div \sum CBI \tag{7}$$

여기에서, 분류레벨별진도율(PC(n)):progress of completed worklevel n)
 하위레벨 실행기성 (EV_i : earned value of work level i)
 하위레벨 실행예산 (CBI : current budget of work level i)

4. 일정관리시스템과 건설공사진도관리모델의 연계 방법

본 연구에서 제시하는 건설공사진도관리모델은 일반PC에서 기본적으로 제공되는 프로그래밍 인터페이스인 ODBC(Open

DataBase Connectivity)⁴⁾에 의해 외부 상용화된 일정관리시스템과 데이터를 교환하고 공유함으로써 <그림 4-1>과 같이 두 시스템간의 연계가 될 수 있다.

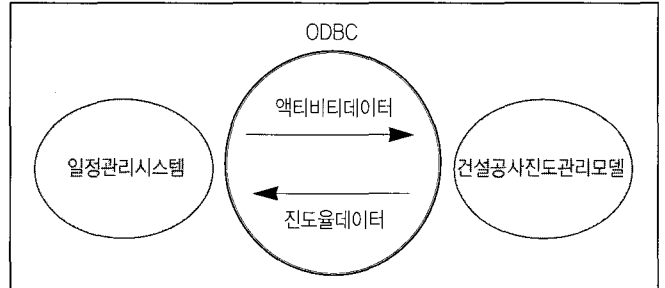


그림4-1. 일정관리시스템과 건설공사진도관리모델의 연계

일정관리시스템에서 생성된 각 액티비티의 데이터를 자동으로 건설공사진도관리모델로 가져온다. 가져오는 데이터 내용은 각 액티비티의 번호, 제목 및 착수일, 종료일 등 일정데이터 등이다. 또한 입력한 데이터를 근거로 건설공사진도관리모델내에서 진도율을 갱신(update)하여 일정관리시스템으로 보냄으로써 일정관리시스템과 건설공사진도관리모델 연계를 시켜준다.

5. 내역물량측정에 의한 건설공사진도율 산정시스템

본장에서는 제3장에서 제시된 건설공사진도관리모델을 바탕으로 일정과 비용정보의 통합에 의한 각 액티비티 및 WBS⁵⁾레벨별 진도율을 산정하기 위한 건설공사진도율 산정 시스템(Construction Progress Measurement System ; 이하 CPMS)을 제안한다. 제안하는 시스템의 구조는 시스템의 체계적인 개발 뿐만 아니라 이를 운영하는 측면에서도 매우 중요하다. 이를 위해 본 장에서는 시스템의 개념적 구성과 이를 보다 구체화 시킨 구조에 대하여 살펴보고, 제안된 구조에 따라 원형 시스템(prototype system)을 구현한다.

5.1 시스템의 목적

CPMS의 목적은 다음과 같다.

- 1) 공사 진행현황을 정기적으로 모니터링하여 문제점 및 지연사항을 사전대비 보완하여 성공적으로 공사를 수행토록 한다.
- 2) 일정과 비용정보의 통합에 의한 WBS체계를 정립하고, 그 체계에 따라 일정관리, 비용관리 등의 현황데이터를 공유하도록 한다.
- 3) 시스템운영을 통해 얻어진 데이터는 일정관리, 비용관리의 기초자료로 활용한다.

4)ODBC는 응용프로그램을 사용할 때 데이터 액세스 표준으로 구조적 질의 언어(SQL)를 사용하는 데이터베이스 운영체제에서 데이터를 액세스할 수 있는 프로그래밍 인터페이스이다.

5) 본 장에서는 공사진도관리대상 관리단위분류체계를 WBS라 명명함.

- 4) 시스템구축에 따른 각종 리포트를 활용하여 최소한의 보고 자료로 현황과악이 가능케 하며, 기존 보고자료와 일관성을 유지하여 프로젝트의 문서량의 증가를 최소화한다.
- 5) 생성된 자료는 DB화하여 관리하므로써 현황자료를 공유화시키고 프로젝트 데이터를 실적자료(historical data)로 유지하고 프로젝트의 상세현황을 신속하고 정확하게 제공한다.

5.2. 시스템의 구조

CPMS는 일반PC에서 기본적으로 제공되는 ODBC에 의해 일정관리시스템과 일정 및 비용정보를 공유할 수 있게 구성되어져 있고, CPMS의 구조는 <그림 5-1>과 같이 세부모듈들과 관련 데이터베이스로 구성된다.

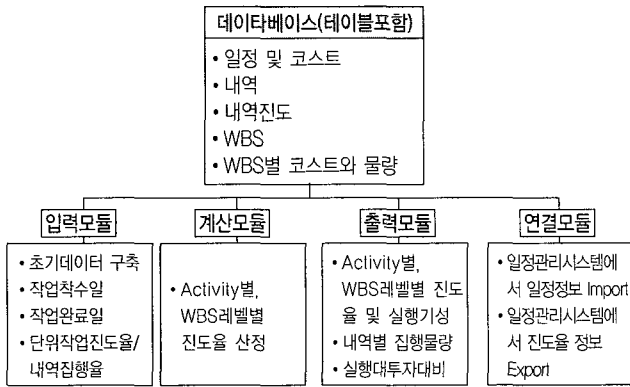


그림 5-1. CPMS의 구조

1) 세부모듈

각 세부모듈에 대한 내용을 살펴보면 다음과 같다. <그림 5-

1> CPMS의 구조

- ① 입력 모듈 : 입력모듈은 초기데이터 구축을 위한 WBS, 액티비티 및 내역과 관련된 데이터 입력장치와 건설공사진도율을 산정기 위해 공사 진행중 작업 진척상황을 입력시키는 진도율입력장치로 구성된다.
- ② 계산모듈 : 계산모듈에는 입력된 내역의 진도율 또는 물량에 의해 연결된 액티비티의 진도율 및 실행기성(earned value) 계산과 상위WBS레벨별 진도율 계산을 수행한다. 또한 이 모듈에서는 대공종(work category)레벨의 실무자비용의 입력에 의하여 실행예산, 실행기성, 실무자비용과의 차액 계산을 수행한다.
- ③ 출력 모듈 : 출력모듈에서는 각 입력자료의 내용을 확인할 수 있는 리포트의 출력과 계산모듈에서 산출된 결과에 대한 내용을 출력한다.
- ④ 연결 모듈 : 연결모듈에서는 CPMS와 일정관리시스템을 연

결하는 역할을 담당한다. 이 모듈에서는 CPMS의 초기 데이터 생성시 일정관리시스템의 액티비티데이터를 받아들이고(importing), CPMS에서 생성된 진도율데이터를 일정관리시스템으로 보낸다(exporting). 일정관리시스템은 외부 상용화된 일정관리프로그램을 사용한다. 본 연구에서는 국제적으로 폭넓리 쓰이고 우리에게 익숙해져 있는 일반PC급에서 작동이 가능한 Primavera의 P3를 적용하였다.

2) 테이블 및 데이터베이스

CPMS의 데이터베이스는 일정 및 코스트(CPMS01), 내역진도(CPMS02), 내역(RESOURCE), WBS(WBS01), WBS별 코스트 및 물량(WBS_RES) 등의 관련 테이블과, 일정정보 및 진도율 정보 관련 데이터베이스(Database1.DBF, Database2.DBF)로 구성되어 있다. 각 테이블과 데이터베이스의 구조는 다음과 같다.

- ① CPMS01 : 일정/코스트관련 테이블(Construction Schedule/Cost), 각 액티비티의 일정과 코스트와 관련된 테이블로서, <표 5-1>과 같이 액티비티번호(ACT), 액티비티명(TITLE), 작업개시/종료일(ES,EF, LS, LF, AS, AF), 실행예산(A_BC), 진도율(PCT), 실행기성(A_AC), WBS번호(WBS) 등의 내용이 포함되어 있다.

표 5-1. 일정 및 코스트관련 테이블

CPMS01 Table

Field Name	Type	Length	Decimal	Description	Key	Data Format	NDWF	공시	항목명
pl_id	Character	10		Project ID	PKey	Not Null	ND	R	RW
ACT	Character	10		Activity ID	PKey	Not Null	ND	R	RW
TITLE	Character	48		Activity Title			ND	R	RW
ES	Date	8		Early Start Date		datetime	ND	R	R
EF	Date	8		Early Finish Date		datetime	ND	R	R
LS	Date	8		Late Start Date		datetime	ND	R	R
LF	Date	8		Late Finish Date		datetime	ND	R	R
AS	Date	8		Actual Start Date		datetime	ND	RW	R
AF	Date	8		Actual Finish Date		datetime	ND	RW	R
A_BC	Numeric	10		Activity Current Budget Cost		999,999,999	NF	R	RW
PCT	Numeric	5	1	Percent Complete Total		9999	ND	RW	R
A_AC	Numeric	10		Activity Earned Cost to Date		9,999,999,999	ND	R	R
WF	Numeric	6		assigned Weighted Value to Activity		999,999	ND	H	RW
EWV	Numeric	9	2	Earned Weighted Value		999,999,999	ND	H	R
WBS	Character	10		WBS Code	RKey		ND	H	RW
LCN	Character	5		Activity Location Code	RKey		ND	H	RW
A_B0	Numeric	10		Activity Original Budget Cost		9,999,999,999	NF	H	RW
A_B1	Numeric	10		Activity 1차변경예산 금액		9,999,999,999	NF	H	RW
A_B2	Numeric	10		Activity 2차변경예산 금액		9,999,999,999	NF	H	RW
WBS1	Character	1		WBS CODE Level 1 (Project Code)	RKey		NF	H	RW
WBS2	Character	1		WBS CODE Level 2 (Phase Code)	RKey		NF	H	RW
WBS3	Character	1		WBS CODE Level 3 (Discipline Code)	RKey		NF	H	RW
WBS4	Character	1		WBS CODE Level 4 (Area Code)	RKey		NF	H	RW

- ② CPMS02 : 내역진도관련 테이블(Construction Resource Progress), 각 액티비티의 내역진도 관련 테이블로서, 액티비티번호(ACT), 내역항목번호(RES), 가중치(WF), 내역 집행율(RCT), 가중치 고려한 진척율(R_PCT), 내역물량(BQ) 등의 내용이 포함되어 있다.
- ③ RESOURCE : 내역관련 테이블(Resources Master), 각

내역항목에 대한 테이블로서, 내역항목번호(RES), 내역항목명(RES_DES), 단위(RUT) 등의 내용이 포함되어 있다.

- ④ WBS01 : WBS관련 테이블(Work Breakdown Structure Master), WBS에 대한 테이블로서, WBS번호(WBS), WBS명(WBS_T), WBS실행예산(WBS_BC) 등의 내용이 포함되어 있다.
- ⑤ WBS_RES : WBS별 코스트/물량관련 테이블(WBS별 Cost/Q'ty), 각 WBS의 내역항목의 코스트와 물량 관련 테이블로서, WBS번호(WBS), 내역항목번호(RES), 가중치(WF), 물량(W_BQ) 등의 내용이 포함되어 있다.
- ⑥ Database 1. DBF : 일정정보관련 데이터베이스, 각 액티비티의 일정 관련 데이터베이스로서, 액티비티번호(ACT), 액티비티명(TITLE), 작업개시/종료일(ES,EF, LS, LF) 등의 내용이 포함되어 있다.
- ⑦ Database 2. DBF : 진도율정보 관련 데이터베이스, 각 액티비티의 진도율 관련 데이터베이스로서, <표 5-2>와 같이 액티비티번호(ACT), 내역항목번호(RES), 실작업개시/종료일(AS, AF), 진도율(PCT), 실행예산(BC), 실행기성(AC) 등의 내용이 포함되어 있다.

표 5-2. 진도율정보 데이터베이스

Database 2. DBF Structure

Field Name	PTO	Q'Q	DEF	Description	CPMS에서 Database로 Import하기 위한 Database File	Key	Data Format	NT/DBF	공시	필수/선택
ACT	Character	10	1	ActivityID	ActivityID	RKey				
RES	Character	8		Activity내역항목(Resource Code)						
AS	Date	8		Actual Start Date			d8mm/yyyy			
AF	Date	8		Actual Finish Date			d8mm/yyyy			
RCP	Numerical	5	1	Resource의 작업 Progress Percent Complete			9999			
PCT	Numerical	5	1	Activity Progress Percent Complete			9999			
BC	Numerical	10		Activity내역항목 Current Budget Cost			9,999,999.99			
BQ	Numerical	20	2	Activity내역항목 Current Budget Qty			9,999,999.99			
AQ	Numerical	10		Activity내역항목 Earned Cost			9,999,999.99			
AC	Numerical	10	2	Activity내역항목 Actual Qty			9,999,999.99			
LOG1	Character	48		ActivityProblem Record 1 -> Problem : 필수요						
LOG2	Character	48		ActivityProblem Record2						
LOG3	Character	48		ActivityProblem Record3						
LOG4	Character	48		ActivityProblem Record4						
LOG5	Character	48		ActivityProblem Record5						
LOG6	Character	48		SolutionRecord1 -> Solution : 필수요						
LOG7	Character	48		SolutionRecord2						
LOG8	Character	48		SolutionRecord3						
LOG9	Character	48		SolutionRecord4						
LOG10	Character	48		SolutionRecord5						
WBS	Character	10		ActivityWBS Code						
LCTR	Character	5		Location Code (Activity Code)						
Total Record Length				579						

3) 테이블 관계

CPMS에서 입출력 작업과 관련된 각 테이블간의 관계는 다음과 같다.

- ① 일정관리모듈에서 데이터 전송(importing) : <그림 5-2>와 같이 P3에서 생성된 Database1.DBF가 존재할 경우 데이터를 CPMS01테이블에 시스템내에서 자동으로 전송(importing)할 수 있다. 이 전송작업(importing)은 레코드를

를 추가하는 것이 아니고 ACT(액티비티 ID)를 연결하여 데이터를 갱신(update)하는 것이다. 단 ACT가 없을 경우에는 새로운 레코드를 추가하게 된다.

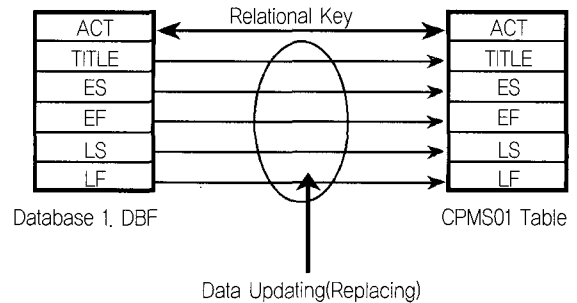


그림 5-2. 일정관리시스템과 CPMS의 연계

- ② WBS관련 데이터입력 : WBS_RES 테이블의 WBS최하위 레벨에 속한 내역관련 데이터(가중치(WF) 및 물량(W_BQ))를 입력하기 위해서 내역관련 테이블(RESOURCE)과 WBS관련 테이블(WBS01)이 RES코드(내역항목 ID)와 WBS코드(WBS ID)로 연결된다.
- ③ 액티비티 데이터 입력 : 액티비티 관련 테이블(CPMS01)에 각 액티비티별 실행예산이 입력되며, 이는 액티비티의 상위레벨이며 WBS의 최하위레벨에 연결된 내역관련 테이블(WBS_RES, RESOURCE)과 연결되며 내역별 진도관련 테이블(CPMS02)와도 연결된다.
- ④ 진도율(Progress) 입력 : <그림 5-3>과 같이 진도율 입력은 내역별 진도관련 테이블(CPMS02)에서 액티비티별 속해 있는 내역항목별 진척율(RCP)를 입력하며, 이는 액티비티별 관련 테이블(CPMS01), WBS관련 테이블(WBS RES), 내역관련 테이블(RESOURCE)과 연결된다.

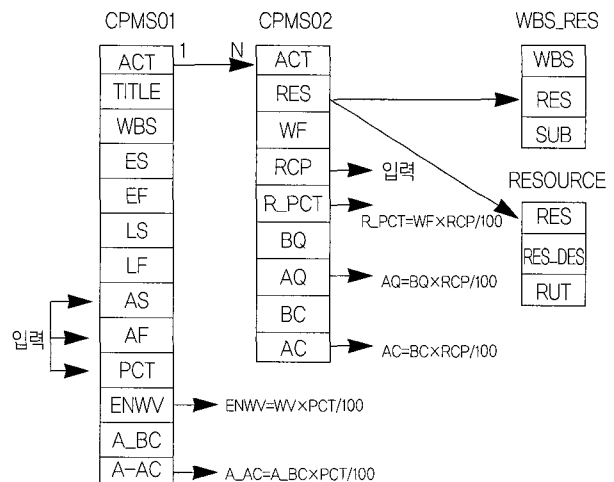


그림 5-3. 진도율 데이터 입력 테이블 관계도

5.3 시스템의 알고리즘

제안된 CPMS의 구조를 기반으로 원형시스템(prototype system)으로 구현하기 위한 전산화 알고리즘은 <그림 5-4>와 같다.

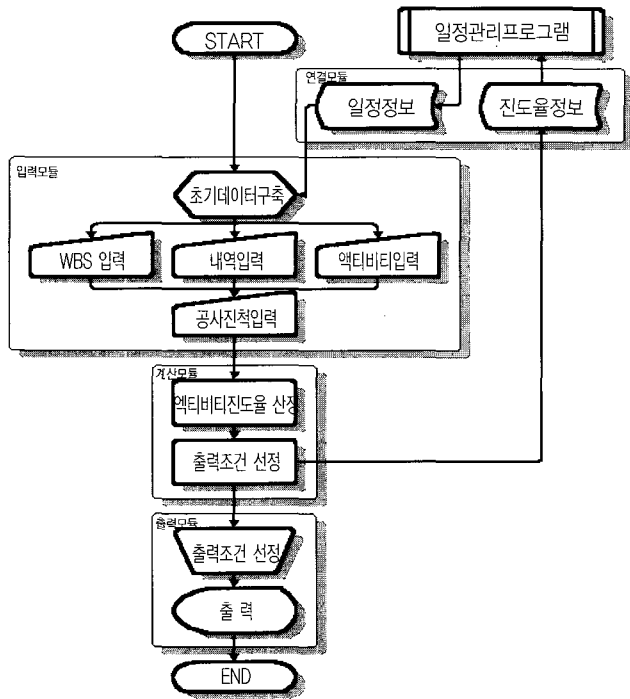


그림 5-4. CPMS의 알고리즘

6. 결론

내역 중심의 공사관리를 하고 있는 국내 건설여건에서 정확한 건설공사진도관리를 위해서는 각 단위작업 마다의 물량 또는 공사비에 의한 진도율로 관리되어야 하며, 공사일정스케줄에 의한 일정관리와는 필요한 정보의 공유를 통한 통합된 시스템이 요구된다. 이를 위하여 본 연구에서는 새로운 건설공사진도관리모델을 제시하고 그에 따른 건설공사진도관리모델과 일정관리시스템과의 연계방법을 모색하였다.

정확한 공사진행상황의 산정을 위하여, Eldin(1988)은 단위작업들의 전과정을 관리시점별로 단계를 구분하여 실행기성개념을 적용하여 관리시점 실행기성을 부여하는 방법을 제안하면서, 기존의 유사한 방법인 WPC방식에 대하여 각 작업의 분개가 어렵고, 분개된 각 단위요소의 측정기준이 불명확하다고 지적하였으나, 본 연구에서는 Eldin의 제안 역시 각 단위작업의 관리시점별 실행기성부여의 표준기준이 없는 상황에서 현실 적용에 한계가 있어, 기존 WPC의 적용을 전제

로 국내현장의 내역중심의 진도관리가 가능토록 현실성 있는 간편한 작업의 분개 방법과 각 단위요소의 측정을 단순화 시키는 방법이 현실적으로 신속하고 간편하게, 그리고 어느정도 공사관리에 필요한 정확도를 갖고 현장의 실적자료를 제공할 수 있다고 판단되었다.

따라서, 본 연구에서는 작업진도율 산정을 하기 위해서 액티비티에 속한 각 내역의 물량집행율을 가중치에 의해 집계하는 방법을 제시하였다. 각 액티비티의 진도율 측정방법은 여러 방법을 액티비티 성격에 따라 달리 적용할 수 있으나 본 연구에서는 간단하게 일정한 틀에 의한 국내의 내역 중심의 현장관리를 수용하는 방법으로서 단위작업에 속한 내역항목의 물량집행율을 측정하여 그 중요도를 감안한 가중치를 적용하여 액티비티 진도율을 산정하는 방법을 제시하였다. 액티비티의 상위 레벨에 대한 진도율 산정은 각 액티비티의 객관적인 상대적 비중도를 맞추기 위해 공사비에 의한 실행기성값의 집계에 의한 방법을 제시하였다.

본 연구에서 제시하는 건설공사진도율 산정방법에 의해 구축된 건설공사진도관리모델에서 생성되는 데이터는 일반PC에 기본적으로 제공되는 프로그래밍 인터페이스인 ODBC에 의해 외부 상용화된 일정관리시스템의 데이터와 교환 및 공유가 가능하다. 따라서 두 시스템이 효율적으로 연계되어 일정관리와 진도관리의 통합 수행이 가능하다.

본 연구에서 구현한 모델의 효용성을 더욱 높이기 위해서 표준 건설공사관리정보모형과 단위작업별 가중치 산정기준에 대한 후속연구와 건설공사진도율 산정에 의한 결과치를 분석하여 향후 공사의 전망 등을 예측할 수 있는 방법에 대한 후속연구가 요망된다.

참고문헌

1. Popescu, Calin M. (1995). Project Planning, Scheduling, and Control in Construction. John Wiley & Sons, Inc., pp 445 & 571-572
2. 배신호 (1989), "건설공사에 있어서 진도관리의 효율화에 관한 연구", 중앙대학교 건설대학원, 석사학위논문, pp 1-4
3. 이복남 (1997), 『건설공사 진도 및 기성고 산정 방법 개선』, 한국건설산업연구원, pp 9-10
4. CII (1987). Project Control for Construction., Publication No. 6-5, pp 14-16
5. Ibid., pp 24-26
6. 김경래(1997), 건설공사의 비용/공정통합관리기준 시스템

- 팩, 건설관리 및 경영, 한국건설산업연구원, 보성각, pp 310~311
7. 이복남 (1997), op. cit., p27
8. CII (1990), Productivity Measurement: An Introduction, Publication No. 2~3, p 18
9. 한국전력공사, 『진도율관리』, 울진 원자력 3, 4호기 공정 관리절차서
10. Eldin, Neil N. (1989). "Measurement of Work Progress: Quantitative Technique." Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 115(3), pp. 462-474.

Abstract

The project control system based on the actual values of three objects shall be operated continuously in a timely manner. For collecting/tracking accurate actual performance data, a reasonable basis of measuring work performance and its related measuring methods are needed. Therefore, this research proposes a method of developing and operating the construction progress measurement system. The problem of the conventional method is the difficulty to construct control accounts and to define the basis of measuring the performance of each control account. Therefore, this research proposes the preferable, formal methodology that produces the progress value of the smallest work unit by surveying the installed quantities and estimates percent complete of groups of works or entire project by earned value concept. This research in connection with the hereafter research of the weight value of control accounts will contribute to apply in practice and to develop the scientific construction management technique in the construction industry. Further researches how to trend and forecast the project using the measured progress value are recommended for putting the prosed system of this research to practical use.

Keywords : progress measurement, control account, earned value, work performance