

공정-공사비 통합 프로세스 개선을 통한 대단지 아파트 건설공사의 계획기성 산출 및 관리

A Study on the Process Improvement of Budgeted Cost of Earned Value Management in Multiple Apartment Project

양 용 철* · 김 상 희** · 김 재 준***

Yang, Yong-Cheol · Kim, Sang-Hee · Kim, Jae-Jun

요 약

아파트 공사에서 계획기성은 전체 사업단계에 걸쳐 공사기간 산정, 중도금 납부일정, 사업손익분석, 기성지급, 계획대비 실적비교 관리 등에 활용되므로, 다수 사업 참여자간의 이해와 사업의 성공에 지속적으로 영향을 미치는 핵심적인 관리요소이다. 그러나 대단지 아파트 공사에서는 다수건물 동시 시공으로 인한 공정 액티비티 과다발생으로 인하여 공정표를 작성하고 자원을 분개하여 계획기성을 정확하게 산출하는데 어려움을 겪고 있는 실정이다. 본 연구에서는 실태조사를 통하여 기존의 문제점과 원인을 파악하고 계획기성 산출의 프로세스를 개선을 통하여 계획기성을 신속·정확·체계적으로 산출하기 위한 개선방향을 제시한다.

키워드 : EVMS, 계획기성, 표준공정표, 아파트

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

대단지 아파트 건설사업은 다수의 건물이 동시에 시공되고 대규모 사업비가 투입되는 특징을 갖는다. 프로젝트 관리도구로서 공정-공사비 통합기법은 건설공사에서 일반적으로 사용되고 있으며 공정과 공사비에 대한 주요한 관리 도구이기도 하다.

계획기성은 공정과 공사비의 통합을 통해 산출되며 프로젝트가 향후 어떠한 형태로 진행되는지를 나타낸다. 계획기성의 기간별 추세는 현금흐름, 금융비용, 자금조달의 재무적 분석에 사용되며, 프로젝트 진행에 따른 대안의 선택과 영향분석을 위한 의사결정에도 활용된다. 이러한 계획기성은 세부적으로 정확히 작성된 공정표에 자원을 배분함으로써 산출되는 것이 이상적이다.

한편 대단지 아파트 공사에서는 다수 건물로 인하여 공정과

공사비를 통합하여 계획기성을 산출하는 것이 쉽지 않다. 다수의 아파트 동, 주차장, 부대시설은 다수의 공정 액티비티를 발생시키고, 공정표 작성과 자원배분을 통한 계획기성 산출에는 많은 시간과 노력, 전산시스템 및 공정관리에 관한 기술이 요구되기 때문이다.

이에 따라 시행사/시공사는 마스터 공정표 레벨에서 공정표를 작성하고 과거의 경험과 데이터를 이용하여 계획기성을 산출하고 있는 실정이다. 이러한 계획기성은 주관적, 경험적, 수작업으로 산출됨에 따라 정확도가 낮은 문제점을 안고 있다.

부정확한 계획기성은 프로젝트의 전 과정에 걸쳐 공사관리 및 손익에 지속적인 영향을 미친다. 그 결과 돌관공사를 발생시키거나 중도금 납부일정의 조정을 야기하며, 품질/안전관련 리스크를 증가시킨다. 또한 부정확한 금융비용을 포함하는 사업손익 분석에 따라 결과적으로 목표이윤이 축소될 수도 있다. 계획기성의 정확성에 대한 신뢰가 낮아 계획대비 실적비교를 통한 문제분석과 대책수립이 활성화되지 않게 된다.

이에 본 연구는 대단지 아파트 공사에 관하여 프로젝트 단계별 계획기성 산출 및 관리실태를 조사하고 문제점과 원인을 파악을 통해 계획기성을 신속·정확·체계적으로 산출하기 위한

* 학생회원, 한양대학교 대학원 건축공학과 박사과정

** 학생회원, 한양대학교 대학원 건축공학과 석사과정

*** 종신회원, 한양대학교 건축공학부 부교수, 공학박사

개선방향을 제시하고자 한다.

1.2 연구범위 및 방법

본 연구는 대단지 아파트 공사를 대상으로 프로젝트 단계별 계획기성 산출 및 관리에 관한 실태조사를 실시하고 개선방향을 제시한다. 연구의 진행방법은 다음과 같다.

- 1) 관련 문헌 및 기존연구 고찰
- 2) 대단지 아파트 공사의 계획기성 산출/관리 실태조사
- 3) 조사결과를 바탕으로 문제점 및 원인의 체계화
- 4) 원인분석을 통한 개선안 도출
- 5) 계획기성 산출의 개선방안 제시

연구대상은 대단지 규모인 세대수 일천세대, 아파트동 20개 동, 공사비 일천억원 이상으로 하고 연구범위는 프로젝트 전체 기간에 걸친 공사기간 산정, 공정표 작성, 계획기성 산출 및 관리로 한다.

2. 관련 이론 및 기존연구 고찰

2.1 EVMS

미국 예산관리처는 EVMS(Earned Value Management System)를 “프로젝트 사업비용, 일정 그리고 수행목표의 기준 설정과 이에 대비한 실 진도측정을 위한 성과위주의 관리체계”라 정의하고 있다.

공정과 공사비는 프로젝트 관리를 위한 여러 관리항목 중 수행성과 측정기준으로서 객관적인 평가가 가능하고 통합하여 관리함으로써 관리의 효율성을 높일 수 있다.

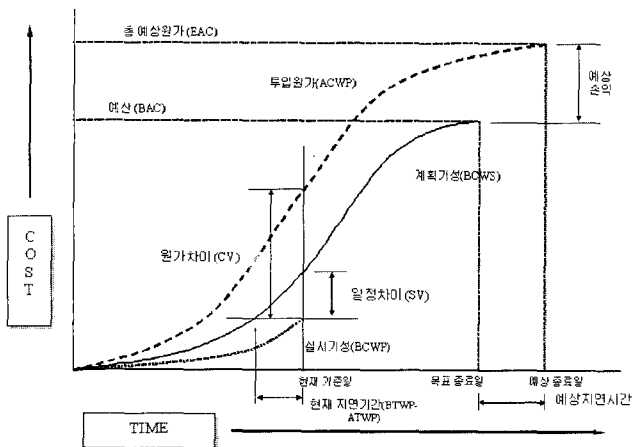


그림 1. EVMS 개념도

EVMS는 프로젝트 초기에 공정계획, 단위작업에 대한 물량 및 예산분개에 의해 관리기준선(PMB)을 설정하고, 기준시점에

서의 실시기성(BCWP)과 계획기성(BCWS)과의 비교를 통해 일정이 계획대로 수행되고 있는지를 평가하고, 실시기성(BCWP)과 투입원가(ACWP)와의 비교를 통해 비용이 계획대로 집행되고 있는지를 판단하는 것이다(원동수, 2000).

비용편차(CV)는 수행된 작업량을 근거로 실 투입원가를 예산과 비교함으로써 단가변수와 손익의 측정을 위해 사용되며, 일정편차(SV)는 월가개념으로 프로젝트의 진척도를 측정하는데 사용된다. 그리고 총 예상원가와 예산은 현 실행기준으로 실행 예산의 초과 및 미달상태를 예측하는데 사용된다. EVM 기법을 구성하는 요소는 계획요소, 측정요소, 분석요소로 구분된다.

2.2 공정·공사비 관련 기존연구 고찰

아파트 공사의 공정·공사비에 관한 기존의 연구로서 “실공사비누적율을 활용한 공동주택의 분양가 납부방법” 「안성훈, 2002」은 분양가 중도금 납부시점과 실제 공정율과의 차이를 분석하여 중도금 납부시기 조정의 필요성을 제기하였고, “시공이전단계 건설사업관리 수요조사” 「이재은, 2003」에서는 아파트 공사와 관련한 설문조사를 통해 수요자가 공정과 사업비에 대하여 가장 관심이 높음을 보여주었다.

표 1. EVMS 용어정의

구분	용어	내용
계획요소	WBS(작업분류체계)	프로젝트의 작업을 계층적으로 분류한 것
	CA(관리계정)	공정-공사비 통합, 성과측정 및 분석의 기본단위
	PMB(관리기준선)	각 항목별로 비용을 일정에 따라 배분하여 표기한 누계곡선
측정요소	BCWS(계획기성)	공정계획에 따라 집행되어야 할 기성금액
	BCWP(실시기성)	공사가 진척됨에 따라 달성한 기성금액
	ACWP(투입원가)	BCWP에 상응하는 실제 투입비용
분석요소	SV(일정편차)	실시기성과 계획기성의 차이
	CV(비용편차)	실시기성과 투입원가의 차이
	ETC(잔여공사비추정액)	성과측정일로부터 추정 준공일까지의 실투입비 추정치
	EAC(최종공사비추정액)	착공일부터 준공일까지의 실투입비에 대한 추정액
	VAC(편차추정액)	목표공사비와 최종공사비의 차이
	SPI(일정지수)	실시기성과 계획기성의 비율
	CPI(비용지수)	실시기성과 투입원가의 비율

“시공자 중심의 주요 공종별 공기지연 원인분석” 「한종관, 2003」은 공기지연 요소의 분석을 통해 골조와 마감공사에 대한 공정계획의 정확도 제고가 필요함을 제시하였다. “국내 건축공사 현장의 공정관리 현황 및 문제점 분석” 「김용수, 1996」, “건설현장 공정관리의 활성화 요소” 「정영수, 1999」, “비용-일정 통합관리 시스템의 현장 적용방안” 「남선우, 2001」, “총액계약 건설

공사의 EVM 운영모델”「김영재, 2002」등의 연구에서는 국내 건설현장의 공정관리 실태 및 문제점에 관한 연구를 수행하였다.

기존연구 고찰결과 아파트 공사에서는 사업비 산정과 기성지급 방법 그리고 공정관련 사항이 사업참여 다수주체간의 가장 중요한 현안사항으로 파악되었다. 기존 연구에서는 실적자료를 바탕으로 총사업비 추정과 분양·공정·공사비에 관한 연구등이 수행되었으나 아파트 공사에서 다수건물 동시 시공시의 계획기성을 정확히 산출하기 위한 연구는 미흡한 실정이다.

국내 시공사의 아파트 공사에 대한 계획기성 관리는 지난 '93년 D사가 아파트공사 과학화를 위하여 작업별 세부공종 및 생산성 연구를 시작하였으며 이후 L사가 '95년 공정·손익 연계시스템을 개발하였으나 활용이 정착되지는 못하였다. 이후 '01년 정부에서 공공건설공사를 대상으로 공정·공사비 통합관리를 제도화함에 따라 H, S, K사가 '02년을 전후로 공정·공사비 통합시스템을 개발하고 시범적용하고 있다. 그러나 대단지 아파트 공사를 대상으로 하여 공정·공사비 통합을 통한 계획기성 산출까지는 현재 활성화되지 않고 있는 실정이다.

3. 계획기성 산출·관리 실태조사

3.1 조사개요

아파트 공사의 계획기성 산출과 관리에 관하여 실태조사를 실시하였다. 조사는 '03년 건설공사 시공능력 평가액 순위 상위 25위 이내 6개사의 본사와 아파트 12개 현장을 대상으로 실시하였다. 조사시기는 '02년 10월~'03년 11월이며 조사방법은 현장방문·유무선을 통한 본사·현장담당자 면담·인터뷰, 전산자료 조사를 하였다.

표 2. 조사내용

구분	조사내용
시공이전단계	공사기간 산정, 계획기성 산출, 사업손익분석, 착공계 제출시의 공정표(율)
시공단계	공정표 작성업무, 계획기성 산출, 계획대비 실적 비교관리, 실적정보 수집
인프라	조직·인원, S/W, 공정 D/B, 공정-공사비 통합 시스템

3.2 시공이전단계

(1) 공사기간 산정

시공이전단계의 공사기간은 시공사가 아파트 표준공기 산정표, 과거 공사경험, 현장특성 등을 고려하여 산정한다. 표준공기 산정표에는 주차장, 아파트, 기타사항이 포함되고 주요항목인 아파트에는 층수에 따른 골조공사 기간과 마감공사 기간을 합한 전체 공사일수가 표시된다.

공사기간은 위와 같은 공기산정표를 참고로 담당자의 경험과 설계도서 검토를 통하여 마스터 공정표 레벨에서 산정된다. 즉, 사업성 검토단계에서는 시간상, 기술상 제약으로 시설별로 세부 공정표를 작성할 수 없기 때문에 공사기간을 개략적으로 산출할 수밖에 없는 실정이다. 그 결과 해당 프로젝트의 특성이 세부적으로 반영되기 어렵고 공사기간의 산출근거가 미흡하여 공사기간의 오차가 발생할 가능성이 크다. 시행사는 공정 전문가의 부재, 자료 및 기술부족 등으로 시공사의 의견에 의존하고 있는 실정이다.

부정확한 공기산정으로 시공단계에서 공기가 부족할 경우 돌관공사로 공기를 단축하여야 한다. 반대로 공기가 남을 경우에는 일반관리비의 증가, 신규 프로젝트에 투입될 기회이익의 손실, 당초 예상한 시점보다 지연된 분양대금의 회수로 이어져 사업초기 예상한 이익의 규모가 축소되게 된다.

공사기간 산정과 계획기성 산출, 사업손익분석 과정은 사업성 검토시 수행하는 일련의 작업이다. 사업성 검토단계에서는 각 시설물별로 세부공정표를 작성할 수 없는 관계로 조사대상 H, S, L, Y, K, W사 모두 동일하게 표준공기산정표와 담당자의 보정을 통해 공사기간을 산정하는 것으로 파악되었다.

(2) 계획기성 산출

계획기성(공정율)은 시공사가 표준공정율표를 참조하여 산출한다. 공정율표에는 과거에 시공한 사례를 바탕으로 공사기간별 공정율이 표시되어 있다. 담당자는 표준공정율을 엑셀상에서 수작업으로 배분하고 조정하여 월별 공정율을 산출한다.

한편 프로젝트는 현장위치, 지반상태, 주차장·아파트 형태와 층수, 규모, 공사기간 등이 각기 상이하므로 프로젝트마다 고유의 공정을 곡선을 갖는다. 그러나 사업성 검토시 상기 변수들을 고려하여 공정율을 체계적으로 산출하기 없기 때문에 대표적으로 판단되는 공정율을 사용하게 된다. 그 결과 사업의 특성이 상세히 반영되지 못하고 공정율도 일률적으로 배분됨에 따라 공정율 추이의 정확도가 낮은 문제점이 있다.

대형 1개사는 공정율표가 다양하게 준비되어 있으며, 2개사는 2~3개의 타입, 2개사는 1개의 공정율표가 작성되어 있으며 1개사는 과거 유사 프로젝트를 참조하는 것으로 나타났다.

(3) 사업손익분석

사업손익분석은 분양수입과 공사비 지출에 따른 시행사와 시공사의 손익을 산출하는 것이다. 여기서 사업손익의 금융비용은 분양율, 공사기간, 계획기성, 금리 등에 의해 산출된다. 계획기성은 표준공정율표의 공정율을 사용하므로 시공단계의 실제 공정율과 차이가 있을 수 있다.

부정확한 계획기성이 사용되면 금융비용 또한 부정확하게 산출되며 시공단계에서의 금융비용이 당초 예상보다 초과되는 경우 사업성 검토시 목표한 이익이 감소하게 된다. 따라서 금융비용 산출시 보다 정확한 계획기성을 사용하는 것이 중요하다. 사업손익분석시 계획기성은 6개사 모두 동일하게 표준공정율표의 계획기성을 사용하는 것으로 파악되었다.

(4) 착공계의 공정표(율)

착공계는 착공시 지자체에 제출하는 서류이며 마스터공정표와 계획기성이 포함된다. 마스터공정표는 중공종 레벨(예: 철근 콘크리트공사)에서 바차트로 작성되며 계획기성은 바차트상에 가중치를 월별로 배분하여 산출된다. 계획기성은 담당자가 사업손익분석시의 공정율이나 마스터공정표와 과거자료 및 경험을 바탕으로 가중치를 배분하므로써 산출된다. 이와 같은 마스터공정표와 계획기성은 부정확하다는 문제점이 있다.

시행사와 감리는 시공사가 작성한 공정율을 활용하며 지자체는 이를 행정적으로 관리하고 상세분석은 하지 않으므로 산출근거와 적합성이 평가되지 않는다.

구분	공종명	단위	2001											2002												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
3	철거공사	㎡																								
	공동기공공사	5.7%																								
	기공공사	3.10																								
	기초및포탄공사	4.60																								
	철근콘크리트포탄공사	25.13																								
	조각공사	1.07																								
	토질공사	4.97																								
	복도공사	2.5																								
	벽수공사	1.37																								
	관공사	0.69																								
	코브라공사	0.3																								
	합판공사	0.60																								
장기공사	8.40																									
토목공사	5.07																									
공정표	평균		1.81	1.84	1.84	1.84	4.19	3.44	3.44	3.44	3.44	3.71	3.71	2.96	3.05	3.39	3.39	3.82	3.82	3.82						
	누계		0.81	3.65	5.50	7.35	11.54	15.73	19.92	22.82	25.67	28.56	31.45	34.34	37.23	40.12	43.01	45.90	48.79	51.68	54.57					

그림 2. 착공계의 마스터공정표 · 계획기성

그러나 계획기성은 제4차 중도금 회수에 관한 지자체의 허가시점이 되므로 입주예정자와 시행사·시공사간의 주요한 이해관계 사항으로 작용한다. 착공계의 부정확한 계획기성은 제4차 중도금 시점을 변경하거나 돌관공사를 통해 공기를 앞당겨야 하는 문제를 발생시킬 수 있어 시공단계에서 리스크로 작용할 수 있다.

(5) 원인분석

시공이전단계의 계획기성 산출에 관한 문제점의 원인을 분석

하면 다음과 같다.

대단지 아파트 공사는 주차장, 아파트동 등 다수의 시설물로 구성되고 동시에 시공된다. 그리고 각 시설물은 규모상 독립적인 공정표를 가질 수 있으며 액티비티의 개수는 공정표가 상세해질수록 크게 증가하게 된다.

계획기성은 공정표 작성을 시작으로 자원분개를 통해 산출되는 것이 이상적이나 시공이전 단계에서는 시간상, 기술상 제약으로 시설물별 공정표 작성과 자원배분을 통한 계획기성 산출이 곤란하다.

또한 사업초기 상세하지 않은 정보, 단기간의 사업성 분석(계획기성 산출), 영업부서의 공정전문가 부재, 공정기술과 실적 D/B미흡 등의 여건으로 인하여 계획기성이 체계적으로 산출되지 않는 것으로 분석되었다.

3.3 시공단계

(1) 공정표 작성

대단지 아파트 공사의 시공단계에서는 9개 현장에서 아파트동의 골조공사는 동별로 공정표를 작성하고 마감공사는 대표적인 한개동 기준으로 작성하였으며, 3개 현장에서는 대표적인 1개동만을 대상으로 상세공정표를 작성하였다. 몇 개동을 포함하는 소규모 아파트 현장에서는 동별 산출이 이루어지는 경우도 있으나, 대단지 아파트에서 동별로 산출하는 예는 드문 것으로 파악되었다.

공정표 작성의 첫 단계인 작업목록 산출에서는 골조공사는 각 동별 층별로 분할하여 작업목록을 산출하나, 마감공사는 각 동별로 분할하지 않고 대표적인 동에 대하여 공종별로 몇 개층을 묶어 작업목록을 산출한다. 이외의 부지정지, 주차장, 부대시설에 대하여는 마스터공정표 레벨에서 작업목록을 산출한다.

작업기간산정 단계에서는 골조공사는 각 동별, 층별로 작업일수를 산출하고, 마감공사는 대표동 1개를 기준으로 작업별 기간을 산출한다. 대표동 이외의 마감공사는 이전단계에서 작업목록을 산출하지 않아 작업기간을 산정할 수 없는 상태가 된다.

다음단계인 작업간 선후관계 설정에서는 골조공사는 층별로 연속적으로 진행되고, 마감공사는 공종별로 골조공사의 진행에 따라 적절한 시점에 착수된다. 대표동 이외의 동에 있어서는 마감공사의 작업목록이 없으므로 선후관계를 명확하게 규정할 수 없게 된다. 일정계산 단계에서 공정관리 S/W를 사용하면 작업선후 관계에 따라 일정계산이 자동으로 이루어진다.

조사대상 중 3개사는 상용 공정관리 S/W를 사용하여 공정표를 작성하고 나머지 3개사는 엑셀을 사용하였다. 엑셀은 사용이 용이하고 다수의 액티비티를 집적하여 표현할 수 있으며 공정표의 시각적인 이해도가 높고 수정이 용이하다는 장점이 있으나,

1) 안성훈, 「실공사비 누적을 활용한 공동주택의 분양가납부방법」, 대한건축학회논문집 제18권10호, 2002.10

다수의 액티비티를 표현하는 데에는 한계가 있으므로 소규모 아파트 공사 또는 골조공사만 동별로 분할하는 공정표 작성에 사용되고 있다.

엑셀이나 CAD로 공정표를 작성하는 경우 일정계산이 전산적으로 이루어지지 않으므로 담당자가 수작업으로 바차트를 작성하고 선후관계도 표시하게 된다. 위와 같이 작성된 공정표는 마스터 공정표 레벨에서만 작성되고 하위레벨로 작업을 분할하지 않은 것으로서 각 시설별 작업의 일정, 선후관계, 마감공종의 착수시점, 크리티컬 패스 등이 정확히 산출되지 않는 문제가 있다.

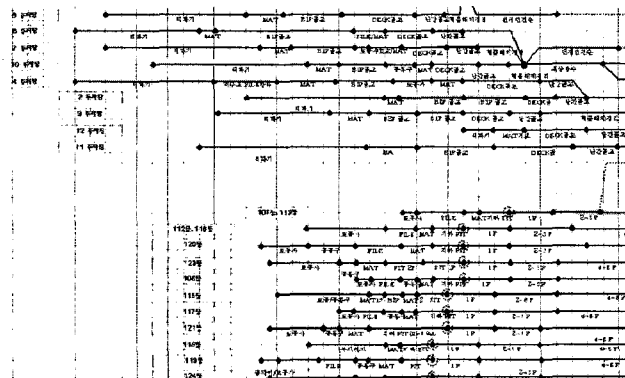


그림 3. 마스터 공정표의 예

(2) 계획기성 산출

대단지 아파트 공사에서는 조사대상 현장의 대부분이 공정표와는 별개로 계획기성을 별도로 산출하는 것으로 나타났다. 9개 현장은 공정표와 별도로 엑셀을 이용하여 대표적인 동을 기준으로 중공종 레벨에서 계획기성을 산출한다. 담당자는 공정표를 기준으로 과거 실적자료, 기존의 경험, 공사특성, 기성지급 등을 고려하여 가중치를 배분하여 산출한다. 산출은 엑셀로 이루어지며 상용 공정관리 S/W로 공정표 작성시에도 엑셀로 산출한다. 엑셀을 이용한 계획기성 산출은 모든 시설물에 대하여 공정과 공사비를 통합하지 않아도 되고 단기간에 산출할 수 있기 때문에 선호되는 것으로 나타났다. 또한 공정과 공사비 통합의 전산 시스템이 없는 경우에도 엑셀을 사용하게 된다. 이러한 방법은

수공종	단위	시공일																		
		6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27	3	10
콘크리트타설	3.5%	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
계도공사	1.2%	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.7	0.7	0.5	0.3	0.2
계도 및 유압	4.3%																			
콘크리트연도공사	26.3%	0.5	0.2	0.3	0.2															
타설공사	0.8%	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
매장공사	4.3%	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
방수공사	1.4%	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
타일공사	2.3%	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
석공사	1.3%	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
내장도판공사	0.7%	2.0	2.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
수장공사	4.7%	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
천공사	0.5%	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
당면공사	1.0%	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
당상공사	1.6%	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
간수공사	1.2%	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
장공사	0.3%																			
지붕 및 유압공사	0.4%	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0

그림 4. 계획기성 산출의 예

대부분의 아파트 공사 현장에서 전통적으로 시행되어 왔으며 현재도 선호되고 있는 실정이다. 그림 4는 엑셀을 이용하여 중공종 레벨에서 계획기성을 산출한 예이다.

나머지 3개 현장에서는 대표적인 1개동에 대하여 공정표상의 각 액티비티에 내역은 입력하지 않고 공사비만을 입력하여 계획기성을 산출하였다.

위와 같이 산출된 계획기성은 각 동별 계획기성을 반영하지 않은 것으로서 공정표에 생략된 액티비티의 계획기성이 누락된다. 그리고 담당자의 경험과 역량에 따라 결과값이 다를 수 있고 공정과 공사비가 분리되어 산출되므로써 실제적인 계획기성을 반영하지 못하는 문제가 있다.

(3) 계획대비 실적비교관리

공사의 진척에 따라 실적이 발생되고 당초 수립한 계획과의 차이가 발생하게 된다. 실적기성은 일반적으로 매월말 기준으로 월간단위로 집계되고 있다. 계획공정에 대한 실시공정의 비교는 공정표상의 단위작업에 대하여 착수일과 종료일 또는 진도율의 차이를 분석하는 것이다. 프로젝트 전체의 진행을 파악하기 위해서는 전체공정율의 차이분석을 통해 지연원인과 문제점 분석이 중요하다. 그러나 대표동을 제외한 시설물에 대한 공정표가 상세히 작성되어 있지 않아 단위작업의 착수일과 종료일 등을 비교하기 곤란하다. 공정율 차이에 따른 원인분석에서는 프로젝트 전체레벨의 공정율 차이에 대하여 그 차이가 어느 부분에서 발생하였는지를 파악하기가 곤란하다. 당초부터 하위레벨에서부터 공정율이 산출되어 상위레벨로 집계되지 않았으므로 하위레벨의 내용을 파악할 수 없기 때문이다.

이에 따라 마스터공정표 레벨에서 공정과 진도율 비교관리가 이루어지고 계획기성의 정확성을 확신할 수 없어 계획공정 대비 실적 비교관리가 활성화되지 못하고 있다. 그 결과 감리의 역할이 공정관리 보다는 품질관리 측면에 치중하고 있는 실정이다.

(4) 실적정보 수집

공사의 진척에 따라 발생한 단위작업의 실제착수일, 실제종료일 등의 실적공정정보는 프로젝트의 실제적인 자료이다. 실적정보는 현장에서 전산 작업일보에 입력, 콘크리트 타설 테이블에 기록, 실시공정표로 작성되는 등 다양한 형태와 방법으로 기록되고 있다. 그러나 각 시설별로 작업이 분할되어 있지 않으므로 각 작업에 대하여 착수일과 종료일 등 실적정보를 정확히 기록하기 곤란하게 된다. 작업의 착수·종료의 판단기준에 있어서도 공정표상의 착수·완료개념과 작업일보 등에서 실적입력시의 개념에 차이가 있을 수 있다. 골조공사의 완료는 콘크리트 타설인지 아니면 양생기간을 포함하는지와 같은 기준이 일반적으로

명확하게 설정되어 있지 않다. 실적정보가 체계적으로 정확하게 수집되고 정리되지 않으면 수집된 정보를 재활용하기 어렵게 된다. 후속사업에서의 공정계획과 계획기성 수립에 또다시 많은 고민과 노력을 기울여야 하고 정확성의 신뢰도가 낮아진다.

(5) 원인분석

시공단계에서의 공정표 작성과 계획기성 산출에 관한 문제점과 원인을 분석한 결과는 다음과 같다.

공정표 작성에 따른 계획기성 산출의 첫 단계는 작업을 분할하는 것이다. 시공이전단계에서와 마찬가지로 아파트 공사는 다수 시설물로 인하여 작업을 분할하여 작업목록을 산출하면 액티비티가 과다하게 발생하게 된다. 시설물별로 작업분할시 액티비티의 개수는 수천 개에 이르고 액티비티 레벨이 아래로 한 단계 내려갈수록 개수는 더욱 크게 증가하게 된다. 액티비티 과다는 작업별 기간산정, 선후관계 설정, 자원분개와 입력 등의 후속작업의 업무량을 크게 증가시키고 관련 전산시스템과 공정-공사비 통합기술과 전문가를 요구하게 된다. 공정표 작성을 위해서는 액티비티 분할기준과 기간산정 그리고 착수시점에 관한 기준을 설정하여야 하나 경험이 많은 담당자라 할지라도 수많은 작업을 대상으로 개인적으로 기준을 설정하는 것은 현실적으로 어려운 문제이다. 그동안 건설사가 아파트 공사에 대하여 고유의 기준이나 생산성 자료를 체계적으로 축적하고 분석하지 않은 경우 더욱더 어려워지게 된다. 또한 사용방법이 용이한 엑셀을 이용하여 공정표를 작성하는 경우 많은 수의 작업을 표현하는데 한계가 있어 액티비티 개수를 늘릴 수 없게 된다. 이러한 제약으로 인하여 각 시설물별로 작업을 분할하지 못하고 대표동 등 상위레벨에서 공정표를 작성하게 된다. 액티비티가 분할되지 않으면 자원을 배분할 수 없고 해당 액티비티에 대한 정확한 계획기성을 산출할 수 없게 된다. 더구나 엑셀로 공정표를 작성하는 경우 자원을 배분하는 기능이 없으므로 공정표와 자원을 연계할 수 없게 된다. 계획대비 실적비교 관리는 당초 계획기성이 체계적으로 정확하게 산출되지 않고 변경시마다 수정되지 않으며 세부항목이 미흡하여 비교관리가 활성화되지 못하는 것으로 분석된다. 공정-공사비 연계를 통한 계획기성을 얻기 위하여 투입해야 하는 인력, 시간, 자원이 과다하고 기존의 방식으로도 공사관리를 충분히 할 수 있고 별 차이가 없다는 인식 또한 원인으로 작용하고 있다.

3.4 인프라 분석

(1) 조직·인원

건설사는 외환위기 이후 인당생산성 향상을 위하여 현장조직을 점차 슬림화함에 따라 현장에 공정전담자를 상주시킬 여유가

없는 실정이다. 조사대상 전 현장에서 공정관리업무는 공사과장 또는 공무담당이 겸직형태로 담당하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 공정관리 S/W

공정표 작성을 위해서는 공정관리 S/W를 사용하는 것이 효율적이나 현장에서는 엑셀과 상용 공정관리 S/W를 혼용하는 것으로 파악되었다. 공정관리 S/W는 MS-Project, Sure-Trak, Primavera, Nex-Pert 등 다양한 S/W가 사용되었다.

엑셀을 이용하여 공정표를 작성하는 것은 엑셀의 사용법이 쉽고 별도로 S/W를 확보할 필요가 없으며 시각적으로 이해하기 쉽다는 등의 장점 때문이다. 그러나 엑셀상의 액티비티는 단지 그래픽으로서 공정관련 정보를 포함할 수 없다. 이에 따라 착수일·종료일, 일정계산, 크리티컬 패스 계산, 자원배분, 다양한 일정 시뮬레이션, 갱신, 실시공정 입력 등이 곤란하거나 기능이 미흡하여 부가적인 공정관리 기능을 활용하기 곤란하다.

(3) 공정관리 D/B

공정관리 D/B는 기존에 수행한 공정정보를 축적하는 것과 작업의 생산성 자료를 분석하고 저장하는 것을 의미한다. 조사대상 중 2개사는 표준적인 공정표가 부분적으로 준비되어 있으며, 4개사는 과거 실제 공사한 것은 있으나 표준화된 것은 없는 것으로 파악되었다. 그러나 아파트 공사의 시설물 분류별, 아파트 동 층수별, 규모별로 다양하게 준비되어 있지는 않는 것으로 나타났다.

(4) 공정-공사비 통합 시스템

공정과 공사비를 통합하여 계획기성을 산출하기 위해서는 많은 데이터 처리와 작업의 효율성을 위하여 공정-공사비 통합 전산시스템을 사용해야 한다.

조사대상 중 2개사는 내역시스템상의 내역을 동별, 층별·부위별로 분할하는 기능이 있으며, 2개사는 기능이 개발되어 있지 않았다. 내역분할 기능이 있는 2개사가 대단지 아파트 공사에 내역분할을 적용한 사례는 없었다.

(5) 원인분석

공정 및 계획기성 관리에 대한 인프라 분석과 문제점의 원인을 분석한 결과는 다음과 같다.

건설사가 인당생산성 향상을 위하여 현장직원수를 지속적으로 축소하고 공정업무를 겸직함에 따라 공정관리가 체계적으로 수행되지 못하고 공정전문가도 양성되기 어렵다.

공정-공사비 통합시스템에서는 구축방법이 다양하고 건설사마다 고유의 내역시스템을 사용하고 있으며 대단지 아파트에 적용하기 위해서는 공정표 작성이 선행되어야 하기 때문에 활성화

가 어려운 실정이다.

공정관리를 수행하기 위한 인력, S/W, 전산시스템 등이 구비되어도 이를 활용할 수 있는 담당자의 공정관리 기술 및 이해와 함께 S/W활용 능력이 중요하다. 공사경험이 많은 담당자라고 할지라도 다수 시설물에 대한 공정표를 체계적으로 작성하고 내역과의 연계를 통해 계획기성을 산출하는 것이 쉽지가 않기 때문이다.

상기의 계획기성 산출·관리실태 조사를 통하여 종합적으로 판단한 결과, 계획기성을 정확하고 체계적으로 산출하기 위해서는 기존의 공정-공사비 통합프로세스를 개선하여 계획기성을 산출하는 것이 최적의 개선방안으로 판단된다.

4. 공정-공사비 통합 프로세스 개선을 통한 계획기성 산출 방안

아파트 공사에서는 다수 건물로 인하여 액티비티가 과다하게 발생함에 따라 각 시설물별로 공정표를 작성하고 공사비를 통합하여 계획기성을 산출하는 것이 어려운 것으로 파악되었다.

액티비티를 분할하지 않으면 하위레벨로의 작업세분화, 작업의 착수 및 종료일 파악, 작업간 선후관계 설정, 자원의 배분, 가중치의 정확성, 실적정보의 수집과 분석, 계획과 실시의 차이와 원인분석 등이 곤란해진다.

그러나 시공이전단계 및 시공단계에서의 인력·조직, 공정표 작성기술, 전산시스템과 공정-공사비 통합기술의 전반적인 여건이 충분하지 않은 상태에서 액티비티를 상세하게 분할하는 것은 현실적으로 어렵다.

액티비티 개수를 축소하는 방안으로서 마감공사의 주요항목만을 선정하여 공정표를 작성하는 방법과 다수의 아파트 동들 중 가장 핵심적인 일정을 갖는 단지·공구내의 가장 빠른 동과 가장 늦은 동만을 대상을 공정표를 작성하는 방법을 검토하였다. 그러나 제외된 액티비티와 아파트 동들이 누락됨에 따라 계획기성 산출시 공정율이 왜곡되고, 공사진행 중에는 제외된 작업에 대한 계획대비 실적관리와 공정·사업비에 관한 실적정보가 관리되지 않아 개선효과가 미미한 것으로 나타났다. 따라서 정확한 계획기성 산출과 체계적인 공사관리를 위해서는 상세한 액티비티 분할은 필수적으로 필요한 과정으로 판단된다.

한편 대단지 아파트 건설공사는 다수의 시설물로 구성되는 특성이 있으나, 아파트 형태와 규모가 동일하거나 유사하고 작업 또한 동일하게 진행되는 특징도 갖고 있다. 이에 따라 빌딩이나 공장과 같은 일반건축물이 매우 다양한 형태를 갖는 반면 아파트는 과거 공업화로 시공되었듯이 건축물 유형 중 표준화가 용이하다는 점이 있다.

이러한 특성을 활용하여 본 연구에서는 표준화를 도입하고 공

정-공사비 통합 프로세스의 개선을 통하여 아파트 공사의 계획기성을 보다 정확하고 체계적으로 산출하는 개선방안을 제시하고자 한다.

4.1 표준공정표 작성

(1) 작업분류체계 설정

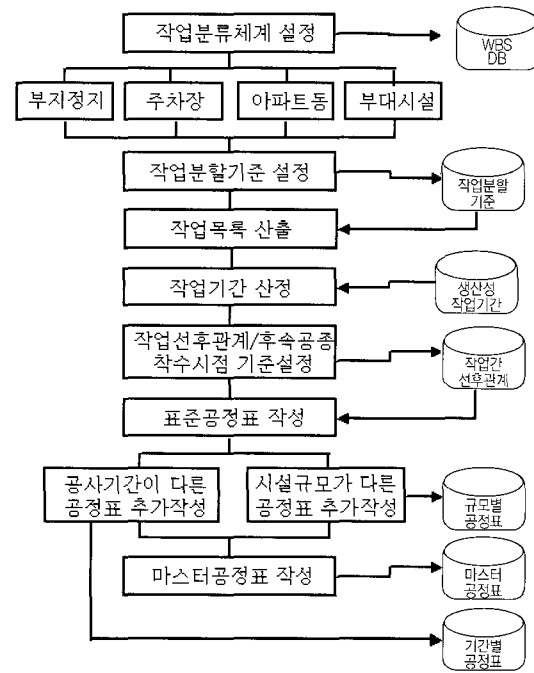


그림 5. 표준공정표 작성 흐름과 DB구성

공정표 작성을 위한 작업목록을 산출하기 위해서는 아파트 공사의 작업분류체계(WBS)가 필요하다. 작업분류에는 대단지 아파트 공사를 수행할 조직·인력의 업무위임과 협력업체와의 계약범위 등이 반영되는 것이 중요하다. 본 연구에서는 프로젝트를 공구, 토목·조경, 옥외설비로 나누고 다음으로 공구는 주차장, 각 동별, 층별·부위로 상위레벨에서 하위레벨로 트리구조로 분할하였다.

(2) 작업분할기준 설정

공정표 작성을 위한 작업목록을 산출하기 위해서는 작업분류체계를 기준으로 작업을 분할하는 기준이 필요하다. 각 공종을 동일하게 또는 각 층별·부위별로 분할하는 것은 현실성이 결여되고, 담당자가 개인적 경험과 주관으로 작업분할시 겪게 되는 어려움과 분할의 불합리성을 배제하기 위해서는 각 공종에 대한 관리기준의 설정이 중요하다. 작업분할은 관리목적과 수준에 따라 층단위 분류작업, 3개층 내지 5개층 단위 분류작업, 동단위 분류작업 등으로 분류하여야 한다. 예로서 골조공사는 작업사이클이 층단위로 반복되고 골조타설이 이루어지므로 층단위로 분할하고, 조적공사는 여러 개층의 작업이 병행하여 진행되고 층별

로 관리되지 않으므로 몇 개층 단위로 분할하는 것이 타당하다.

따라서 본 연구에서는 작업을 체계적으로 분할하고 효율적으로 관리할 수 있도록 시설물의 규모와 특성을 고려한 각 공종별 작업분할 기준을 설정하였다. 아파트동과 주차장은 층수를 기준으로 각 공종별 분할기준을 설정하고, 대지조성·도로, 옥외부대 시설 공사에 대하여는 각 공종별 분할기준을 설정하였다. 표 3은 아파트동 20층 기준의 작업분할 기준의 일부를 나타낸 것이다.

표 3. 아파트동 작업분할기준

종공종	소공종	단위작업	분할기준
철근콘크리트	골조공사	거푸집공사	1개층 단위
		철근공사	1개층 단위
		콘크리트	1개층 단위
조적공사	블럭쌓기	블럭쌓기	1개층(주차장)
	벽돌쌓기	벽돌쌓기	5개층 단위
		부자재(조적)	5개층 단위
미장공사	건출공사	건출	3~5개층 단위
		창호몰탈충진	5개층 단위
	벽미장	단열몰탈바르기	5개층 단위
		방바닥단열	10개층 단위
	방미장	방다박미장	10개층 단위
무근Con'c	무근Con'c타설	1개층 단위	
방수공사	액체방수	액체방수	3~5개층 단위
	시트방수	시트방수	3~5개층 단위
	코킹	방수코킹	10개층 단위
타일공사	벽타일	욕실, 주방벽타일	10개층 단위
	바닥타일	욕실바닥, 발코니	10개층 단위

(3) 작업기간 산정

아파트 공사에서 골조공사와 주요 마감공사는 크리티컬 작업으로서 공사기간을 결정하는 주요한 요소이다. 주요공사인 골조공사는 일반적으로 10일 전후의 사이클로 진행되며 소단위작업으로 구성되

표 4. 아파트동 작업기간

종공종	작업명	작업기간(일)
철근콘크리트공사	버림 및 기초공사	12
	지하1층 골조공사	23
	1층 골조공사	28
	2층 골조공사	13
	3층 골조공사	13
	20층 골조공사	14
조적공사	PH2 골조공사	13
	1~5F 조적공사	15
미장공사	6~10F 조적공사	15
	1~5F 내벽미장공사	10
	6~10F 내벽미장공사	10
	1~5F 계단실 미장	5
	6~10F 계단실 미장	5
방수공사	2~10F 방바닥미장	7
	11~20F, 1F 방바닥미장	7
	2~5F 방수공사	10
	6~10F 방수공사	10
타일공사	욕실방수	10
	2~5F 벽타일공사	12
	6~10F 벽타일공사	12

므로 하위레벨의 공정분석이 중요하다. 작업기간은 해당작업을 이루는 요소작업들의 작업절차와 그들 각각의 작업기간을 통해 산출하는 방법과 과거 실적자료, 전문가 판단 등을 통해 산출하였다. 표 4는 아파트동 20층 기준의 작업기간의 일부를 나타낸 것이다.

(4) 작업선후관계·후속공종 착수시점 기준설정

작업의 순서는 골조가 진행됨에 따라 후속공종으로서 벽체·미장, 온돌공사, 창호·도장·도배, 가구설치로 진행된다. 각 공종별 선행, 후행관계는 일반적으로 정립되어 있는 실정이다. 한편 마감공사의 후속공종이 선행공종이 어느 정도 진행되었을 때 착수에 들어가야 하는지는 아파트의 층수에 따라 각기 다르므로 후속공종의 착수시점 설정이 중요하다. 본 연구에서는 선행·후속공종의 시공속도를 고려하고 공정표 작성을 통한 다수의 시물레이션과 조정을 통하여 각 공종별 작업선후관계와 후속공종의 착수시점을 설정하였다.

(5) 공정표 작성

상기 과정을 통하여 아파트 각 시설에 대한 기초자료가 작성되면 공정관리 S/W에 데이터를 입력하여 공정표를 작성할 수 있다.

아파트는 공사마다 각기 다른 시설물 종류와 규모로 조합되어 구성되므로 특정 마스터공정표가 다양한 다른 공사를 대표하는 공정표로 사용하기 곤란하다. 아파트 공사는 시공지역, 층수, 동수 등에 따라 고유한 공정표와 공정을 곡선을 가지기 때문이다.

따라서 업무분류체계를 기준으로 아파트 단지를 부지정지공사, 주차장공사, 아파트 공사, 옥외부대시설로 구분하여 각각의 시설물 단위로 공정표를 별도로 작성하는 것이 합리적이다. 본 연구에서는 각 시설물에 대한 공정표 초안작성과 검토·수정을 거쳐 최종적인 표준공정표를 작성하였다. 마스터공정표 작성시

표 5. 후속공종의 착수시점

1층 마감착수 공종	선행작업
건출공사	골조공사 3층 완료
UBR조립 공사	골조 7층 완료
창문틀설치 공사	골조 7층 완료
조적공사	골조 7층 완료
세대방수 공사	조적공사 5층 완료
벽체석고보드 공사	조적공사 5층 완료
벽미장 공사	조적공사 7층 완료
세대 천정틀 공사	벽미장공사 3층 완료
경량기포 Con'c타설	세대천정틀 13층 완료
인조석 깔기	벽미장 완료
세대난방 Coil배관	기포 Con'c타설 7일시점
방바닥 미장완료	세대난방 Coil배관 완료
유리·도장공사, 세대door설치	창호공사 완료
도배, 바닥재 설치공사	방바닥공사, 창호공사 완료
가구(거실장, 신발장)	준공 3개월전
B/S, 준공청소	준공 2개월전
사전입주점검	준공 1개월전

각각의 시설물에 대한 공정계획을 효과적으로 수립하기 위해서는 기존에 수행된 마스터공정표의 수집과 자료화가 중요하다. 이를 위하여 마스터공정표 또한 D/B화한다.

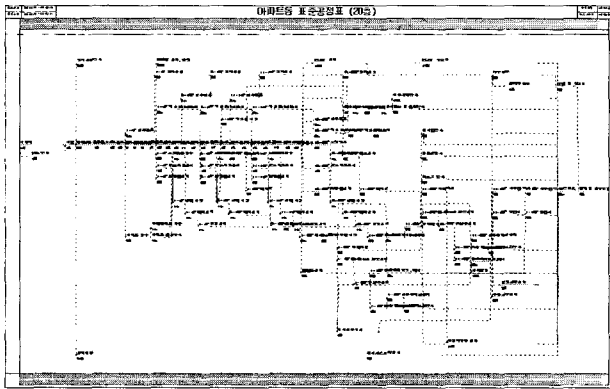


그림 6. 아파트 1개동 표준공정표

(6) 시설규모와 공사기간이 다른 공정표 추가작성

같은 규모를 갖는 아파트동일지라도 공사기간이 다소 다를 수 있는데 예로서 골조공사의 층당 작업일수가 다를 경우 공기가 달라진다. 따라서 동일한 시설물에 대하여도 공기가 다른 공정표가 추가로 필요하다. 따라서 본 연구에서는 다양한 규모와 공사기간을 갖는 공정표를 추가로 작성한다. 추가공정표는 표준공정표를 이용하여 공기를 축소, 연장하여 변경하는 것이므로 단기간에 다양하게 작성할 수 있고, 결과물에 비해 인력·노력의 투입이 적어 효율적이다. 이와같이 작성된 공정표는 공정표 분류를 통하여 D/B화된다.

표 6은 부지정지공사, 주차장공사, 아파트동 공사에 대한 규모별·공사기간별 공정표 종류를 나타낸 것이다. 상기 과정을 통해 업무분류체계에 따라 프로젝트를 분할하고 작업목록, 기간, 선후관계에 관한 기준을 설정하고, 시설물별·공사기간별 공정표를 다양하게 작성하였으며 시간상으로도 해당공사 착수전에 공정표를 확보하는 것은 기존과는 다른 본 연구의 특징이다.

표 6. 시설물별·공사기간별 공정표 종류

시설물 구분	공사기간별 공정표 종류 (단위:주)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
부지정지 1	15	16	17	18	19	20	21	22	23
부지정지 2	10	11	12	13	14	15	16	17	18
부지정지 3	7	8	9	10	11	12	13	14	15
주차장 2층	9	10	11	12	13	14	15	16	17
주차장 1층	6	7	8	9	10	11	12	13	14
아파트15층	66	67	68	69	70	71	72	73	74
아파트16층	69	70	71	72	73	74	75	76	77
아파트17층	71	72	73	74	75	76	77	78	79
아파트18층	74	75	76	77	78	79	80	81	82
아파트19층	77	78	79	80	81	82	83	84	85
아파트20층	79	80	81	82	83	84	85	86	87
아파트25층	93	94	95	96	97	98	99	100	101
아파트27층	98	99	100	101	102	103	104	105	106

4.2 표준계획기성의 산출

(1) 공정-공사비 통합방법의 선정

공정과 공사비를 통합하여 계획기성을 산출하기 위해서는 다수 데이터의 처리와 작업효율성을 위하여 전산시스템의 사용이 필요하다. 공정표는 공정관리 S/W를 사용하여 작성하고 내역은 내역시스템에서 관리하는 것이 일반적이나, 공정-공사비를 통합하는 경우 아파트 공사는 다수의 액티비티에 대하여 내역을 분개하고 연계한다는 점이 고려되어야 한다.

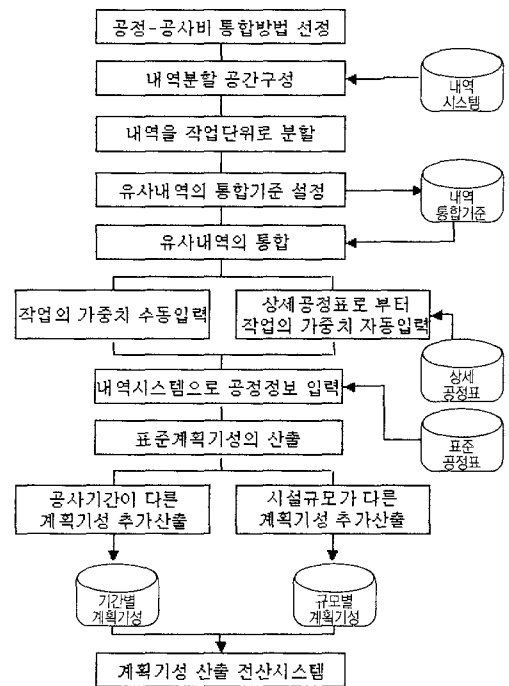


그림 7. 계획기성 산출의 흐름과 DB구성

공정-공사비를 통합하는 방법으로서 공정관리 S/W를 사용하는 경우, 공정관리 S/W에는 자원을 입력하는 기능이 있으나 다수의 액티비티와 내역을 입력하기에는 기능이 미흡하고 입력작업에 많은 시간과 노력이 소요되게 된다. 따라서 아파트와 같이 다수 액티비티가 발생하는 공사에 있어서 공정관리 S/W를 사용하여 자원을 분개하는 것은 효율성이 높지 않다.

내역시스템내에 공정관리 기능을 추가하는 경우, 공정관리 기능개발에 많은 예산과 시간이 투입되는 점이 있다. 현재 상용화된 공정관리 S/W가 개발되어 온 과거 추이를 감안할 때 내역시스템에 공정관리 기능을 추가하는 것은 구현이 쉽지 않고 대단히 아파트 공사에는 부적합하다고 판단된다.

공정관리 S/W와 내역시스템을 동시에 사용하는 방법은 공정관리 S/W와 내역시스템의 각각의 특징을 충분히 활용할 수 있는 장점을 갖는다. 공정관리 S/W는 많은 수의 액티비티를 수용할 수 있고 일정계산 등이 원활하게 진행되고 내역시스템은 많은 내역데이터를 효율적으로 처리할 수 있기 때문이다.

공정관리 S/W는 일정정보를 제공하고 내역시스템은 내역물량을 액티비티에 분개하는 기능을 담당하는 방법은 각 시스템의 장점을 활용할 수 있고 대규모 공사에 적합하다. 따라서 본 연구에서는 다수 데이터 처리의 효율성을 위하여 내역시스템과 공정관리 S/W를 병행하여 사용하는 방법으로 진행한다.

(2) 내역 분할

내역시스템의 내역은 전체물량으로 되어 있으므로 이를 공정표상의 단위작업과 일치시키기 위하여 내역을 분할하는 것이 필요하다. 내역분할은 내역시스템상에서 먼저 공정표상의 작업을 기준으로 내역을 동, 층, 부위 등으로 분할할 수 있는 공간을 구성한다.

공간구성이 완료되면, 설계도서 검토를 통하여 산출된 작업별 내역수량을 분개한다. 예로서 레미콘은 동별, 층별로 수량을 나누어 내역시스템에 입력하며, 나머지 내역항목에 대하여도 상기 과정을 반복하여 분개를 완료한다.

내역항목은 개수가 많아 층별, 부위별로 수량을 입력시 시간과 노력이 크게 소요되게 된다. 따라서 내역물량을 용이하고 간단하게 분개·입력하는 기능개선이 필요하다.

콘크리 종류	명칭	구분	단위	코드															
				101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	
0001-00	콘크리트보상	6x3 FILL	M3	0.00	13.7	4.29	9.99	5.34	4.56	4.55	4.35	4.31	4.31	4.14	4.4	4.14	4.14		
0002-00	레미콘	6x3 FILL	M3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0003-00	레미콘	25-18C-2	M3	89.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0004-00	레미콘	25-21C-15	M3	3,247.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0005-00	레미콘	25-21C-18	M3	377.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0006-00	레미콘	25-24C-15	M3	4,709.00	1.13	17	354.65	226.55	453.92	375.35	375.35	375.34	371.88	371.88	371.88	371.88	371.88		
0007-00	콘크리트보양		M2	13,182.00	0.00	0.00	13,082.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0008-00	콘크리트보양	보양	M3	83.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0009-00	콘크리트보양	25층 외하	M3	6,053.00	1.13	17	354.65	226.55	453.92	375.35	375.35	375.34	371.88	371.88	371.88	371.88	371.88		
0010-00	콘크리트보양	15층 3상	M3	377.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0011-00	레미콘	25-18C-2	M3	49.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0012-00	콘크리트보양		M3	49.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

그림 8. 콘크리트의 층별 내역분할의 예

이러한 개선을 위하여 본 연구에서는 층별, 부위별 대표물량의 비율(%)을 지정하므로써 해당층, 부위에 속하는 내역이 동일한 비율로 자동 분할되는 기능을 신설하였다.

자동분개 실행으로 동일한 비율로 한번에 분개된 내역항목별 수량은 해당 셀의 수량조정을 통해 수정할 수 있다. 그림 8은 자동분개 기능과 층별 내역분개의 예를 나타낸 것이다.

(3) 유사내역의 통합기준 설정

내역서상에 철근콘크리트 관련내역은 거푸집공사, 철근공사, 콘크리트공사로 되어 있으나, 공정관리 개념에서는 골조공사로 표기하고 관리한다. 따라서 공정과 공사비 통합시에는 내역항목과 공정 액티비티간에 일치하지 않는 부분이 발생하고, 내역항목을 통합하지 않으면 액티비티 개수가 과다하게 발생하게 된

다. 이를 해결하기 위해서는 유사한 내역을 공정 액티비티와 같은 개념으로 통합하는 것이 필요하다. 유사내역을 체계적이고 일관적으로 통합하기 위하여 각 공종에 대한 검토를 통하여 유사내역 통합기준을 설정하였다. 표 7은 유사내역에 대한 통합기준의 일부를 나타낸 것이다.

표 7. 유사내역의 통합기준 설정

종공종	내역항목	통합기준/명칭
철근콘크리트	거푸집공사	골조공사
	철근공사	
	콘크리트공사	
조적공사	블럭쌓기	블럭쌓기
	벽돌쌓기	벽돌쌓기
미장공사	건출	건출공사
	창호주위물탈충진	벽미장공사
	단열물탈바르기	
	벽미장	
	세대내부손보기	
미장공용		
수장공사	합지판설치	내장벽체공사
	석고보드칸막이	
	단열재설치(칸막)	
	외단열시스템	
	경량칸막이	

(4) 유사내역의 통합

유사내역의 통합기준에 따라 내역시스템상에서 유사내역을 통합한다. 예로서 거푸집공사, 철근공사, 콘크리트공사는 골조공사로 통합한다.

내역항목	통합명칭
□ 303 철근콘크리트공사	
□ 50 골조공사	
□ 0100 거푸집공사	골조공사
□ 0200 철근공사	골조공사
□ 0300 CONC공사	골조공사
□ 0700 거푸집손로	골조공사
□ 305 조적공사	
□ 51 벽돌쌓기	
□ 0100 벽돌쌓기	
□ 0200 부자재(조적)	

그림 9. 유사내역의 통합

(5) 작업가중치 입력기능 신설과 입력

공정표상의 단위 액티비티는 해당 액티비티를 구성하는 소작업들로 구성된다. 9일의 사이클을 갖는 골조공사의 일일단위 공정표를 작성하고 자원을 배분하면 그림 10과 같은 일별가중치가 나타난다. 이와 같이 액티비티를 세분할 수록 계획기성의 정확성은 높아지게 된다. 그러나 기존에는 일반적으로 가중치를 선형으로 균등하게 배분(1/n)하고 있다. 이러한 가중치의 차이가 발생하는 원인을 분석하면 대단지 아파트 공사는 단지(레벨1), 공구,

동(레벨3), 공중, 층/부위(레벨5)로 구성되고 레벨5에 이르러 액티비티 개수가 6천개 내지 8천개에 달해 더 이상 액티비티를 세분하기 어렵게 된다. 그러나 액티비티의 상세 가중치는 소작업으로 구성되는 일일단위 공정표 레벨 6에서 산출되기 때문에 공정표 레벨과 가중치 산출 레벨간에 레벨차이가 발생하게 된다.

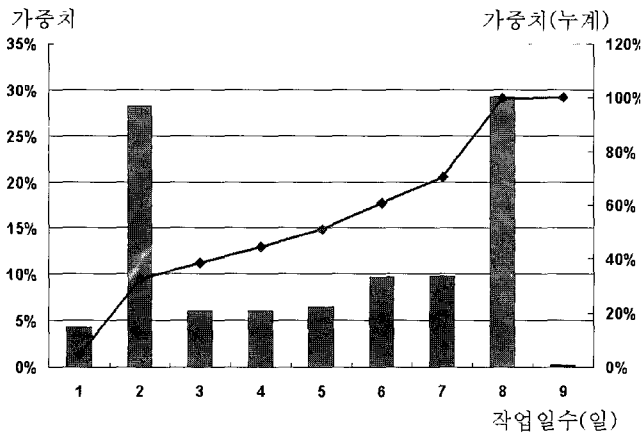


그림 10. 골조공사의 일별가중치

이러한 차이를 해결하고 가중치의 정확성을 높이기 위해서는 액티비티에 가중치를 직접 입력하거나 레벨 6의 공정표로부터 가중치를 자동으로 입력받는 기능의 신설이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 내역시스템상에서 액티비티의 가중치 분할 개수를 최대 250개로 하고, 셀 복사를 통해 신속하게 다수의 데이터를 입력할 수 있는 기능을 신설한다.

레벨 6의 공정표로부터 가중치를 자동으로 입력받는 경우 레벨6 공정표 코드선택으로 자동으로 입력되며, 레벨6 공정표의 수정을 통해 가중치가 자동으로 갱신되게 된다.

코드	작업명	작업의 가중치
코 0101	10이동	
세 301	가설공사	
세 302	기초및 토공사	
에 303	철근콘크리트공사	
□ 303-0101	기초 골조공사	
□ 303-0102	지하2층 골조공사	
□ 303-0103	지하1층 골조공사	
□ 303-1101	1층 골조공사	4.2; 28.2; 6.1; 6.2; 6.4; 9.7; 9.7; 29.3; 0.3
□ 303-1102	2층 골조공사	4.2; 28.2; 6.1; 6.2; 6.4; 9.7; 9.7; 29.3; 0.3
□ 303-1103	3층 골조공사	4.2; 28.2; 6.1; 6.2; 6.4; 9.7; 9.7; 29.3; 0.3
□ 303-1104	4층 골조공사	
□ 303-1105	5층 골조공사	

그림 11. 액티비티별 가중치 입력

(6) 공정표로부터의 일정정보 입력

상기 과정을 통해 내역시스템상에서 내역을 액티비티 단위로 분할, 유사내역의 통합, 가중치 입력이 이루어지면 다음과정으

로 공정표로부터 액티비티별 작업일정 정보를 내역시스템으로 입력한다. 이때 공정관리 S/W와 내역시스템 간의 데이터 교환을 연계모듈이 필요하며 본 연구에서는 내역시스템의 내역분류 체계 코드를 적용한 연계모듈을 사용하였다.

(7) 계획기성의 산출

액티비티별 공사비와 일정을 확보함에 따라 일정계산을 통하여 계획기성을 산출할 수 있다.

내역시스템은 액티비티별 내역으로부터 공사비를 연산하고, 표준공정표로부터 입력된 액티비티별 일정정보와 가중치로부터 일자별 계획기성을 산출한다.

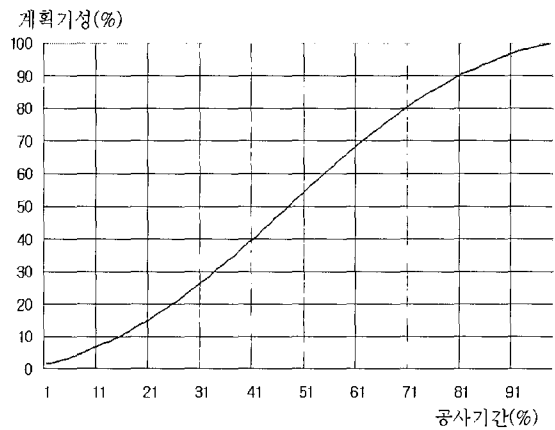


그림 12. 표준 계획기성

시설물에 대한 표준계획기성이 산출되면, 공사기간별·시설규모별 계획기성을 추가로 산출한다.

그림 13은 공사기간별 계획기성의 개별치의 예를 나타낸 것이며, 그림 14는 공사기간별 계획기성의 누계치의 예를 나타낸 것이다. 시설물별·공사기간별 계획기성의 데이터는 계획기성 D/B에 저장된다.

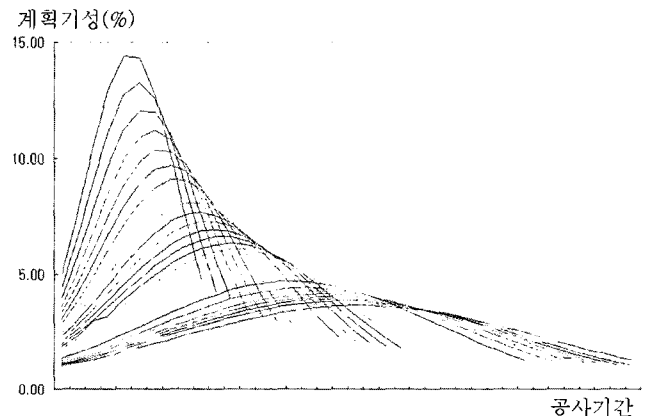


그림 13. 공사기간별 계획기성(개별치)

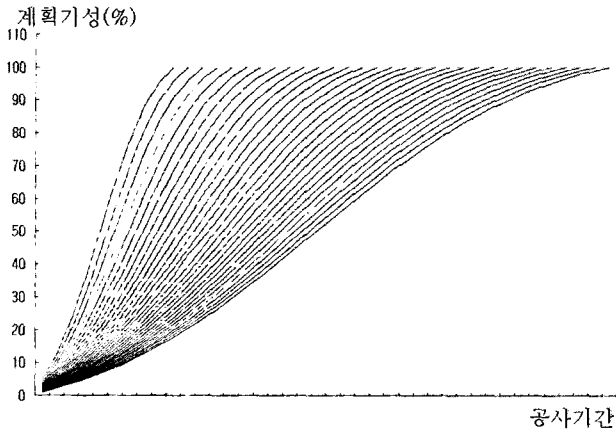


그림 14. 공사기간별 계획기성(누계치)

4.3 계획기성 산출 전산시스템의 개발

아파트 공사의 시공이전단계 및 시공단계에서의 계획기성을 산출하기 위한 전산시스템은 분양수입금 산출 모듈, 계획기성 산출 모듈, 현금흐름 산출모듈, 환경설정 모듈로 구성된다.

(1) 분양수입금 산출

분양수입금은 분양수입 관련 입력변수의 입력을 통해 기간별 분양수입의 추이를 산출한다. 입력변수는 계약 및 중도금 상환일정, 분양가, 분양율, 세대수, 금리 등이다. 그림 15는 기간별 분양수입금 추이를 나타낸 것이다.

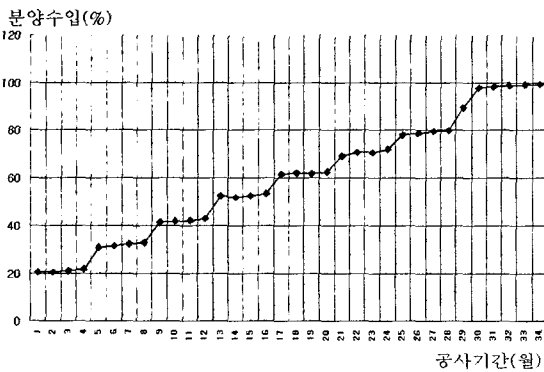


그림 15. 공사기간별 분양수입금 추이

(2) 계획기성 산출

사용자가 시설물 타입을 선택하고 착수일자를 선택하면 계획기성 모듈은 표준공정표 D/B와 표준계획기성 D/B로부터 계획기성을 산출한다. 따라서 계획기성을 산출하는 과정은 부지정지, 주차장공사, 아파트 동, 부대시설로 구분하여 시설물을 선택하고 착수일자를 선택하는 것만으로 이루어지므로 간단·신속하여 수시간~수일내에 계획기성을 산출할 수 있다.

계획기성 산출을 위한 데이터 입력이 완료되면, 계획기성 산

출모듈은 시설물별 착수일자에 공사기간을 더하여 완료일자를 연산한다.

번호	시설명	착수일자	기간	시설물 타입
1	부지정지	01-06-15	129 일	
2	부지정지	01-06-15	129 일	일반토사
3	주차장	01-09-15	555 일	
4	#14	01-09-15	107 일	지하2층
5	#9	02-01-01	150 일	덕크2층
6	#10	02-04-28	77 일	덕크1층
7	#11	01-12-23	189 일	덕크1층
8	대강 #1	02-04-28	231 일	
9	대강 #2	02-05-26	227 일	
10	대강 #3	02-06-01	235 일	
11	아파트	01-10-20	751 일	
12	107동	02-03-30	590 일	20층 33평형 4세대
13	113동	02-03-30	590 일	15층 33평형 4세대
14	112동	02-03-17	595 일	15층 33평형 4세대
15	116동	02-03-17	600 일	15층 33평형 6세대
16	101동	01-12-23	600 일	25층 45평형 4세대
17	106동	01-11-01	605 일	25층 45평형 4세대
18	103동	02-01-10	600 일	18층 33평형 6세대
19	105동	01-10-20	610 일	18층 33평형 6세대
20	부대시설	01-10-15	752 일	
21	상가동	02-03-01	274 일	2층
22	토목/조경공사	02-05-01	517 일	TYPE 1
23	설비공사	01-12-01	688 일	TYPE 2
24	전기공사	01-10-15	745 일	TYPE 3

그림 16. 계획기성 산출의 데이터 입력

다음으로 시설물별 착수일자와 완료일자로부터 마스터 공정표가 자동으로 생성된다. 마스터공정표상의 각각의 액티비티는 공정표 D/B와 계획기성 D/B와 연계되어 있으므로 공정표와 계획기성을 사용할 수 있다.

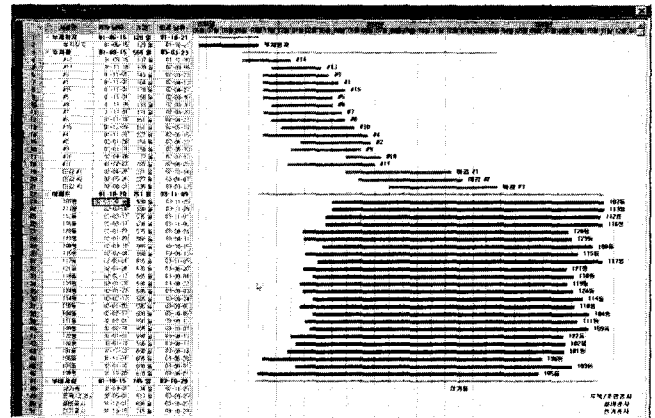


그림 17. 마스터 공정표의 생성

마스터공정표가 완성되면 다음으로 계획기성이 자동으로 산출된다. 계획기성은 하위레벨에서 작성되었으므로 사용자의 요구에 따라 다양한 형태로 집계·표현될 수 있다. 사용자는 입력변수의 조절을 통해 마스터 공정표와 계획기성을 다양하고 신속하게 시뮬레이션할 수 있게 된다. 또한 사용자 정의를 통하여 시설물의 특성이 다른 점을 반영하여 계획기성을 수정할 수 있다.

한편 계획기성 이외에 원가(율)와 시행사로 부더의 수금계획은 현장의 가장 중요한 관심사항이다. 원가율은 중공종별(예:골조공사)로 협력업체와의 계약에 따라 결정되고 중공종별 공사기간이

다르므로 전체적인 원가율은 기간별로 다르게 변화한다. 그러나 기존에는 공종별·기간별로 원가율을 산출하기 어려워 계획기성과 원가율이 동일한 비율로 진행되는 것으로 가정하고 있다.

The table displays monthly construction costs categorized into '계획기성' (Planned Completion) and '원가율' (Cost Rate). It includes columns for month, planned completion amount, and cost rate percentage. The data shows a steady increase in both planned completion and cost rate over a 34-month period.

그림 18. 계획기성의 산출

수금은 분양수입과 수금조건에 의해 결정되며 계획기성과 수금과의 차이에 따라 연체이자 발생하게 된다.

원가율과 수금산출을 위하여 사용자가 원가율과 발주처로부터의 수금조건을 중공종별로 입력하면, 중공종별 작업기간값과 원가율, 수금조건으로부터 원가율 추이와 수금의 추이가 자동으로 산출된다.

(3) 현금흐름 산출

분양수입과 계획기성이 산출되면 현금흐름이 산출된다. 기존에는 분양수입과 계획기성이 별도로 수작업으로 산출되었으나 시행사와 시공사의 현금흐름을 종합적으로 판단하기 위해서는 각종 지수의 통합한 복합지표의 개발이 요구된다.

현금흐름 복합지표를 통하여 시행사는 분양수입과 계획기성의 차이로부터 자신의 현금흐름을 알 수 있고, 시공사는 계획기성과 원가율·수금으로부터 수입과 손익의 추이를 파악할 수 있다.

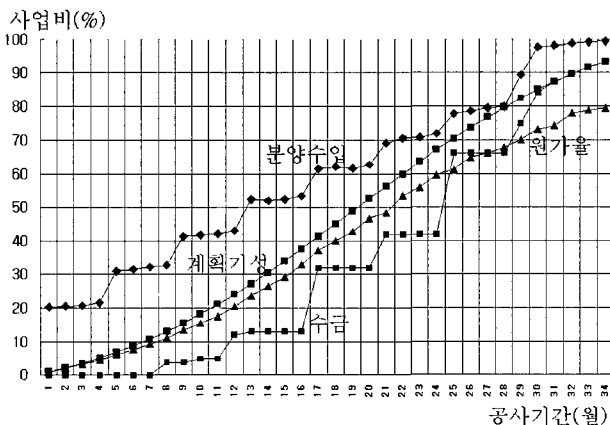


그림 19. 현금흐름 복합지표 산출

복합지표 개념은 기존의 시공사에 대한 공정-공사비 통합의 개념을 시행사까지 확장한 것이며, 여기서 계획기성은 시행사와 시공사에 공통적으로 사용되며 중요한 역할을 갖는 것을 알 수 있다.

한편 제4차 중도금은 주택건설촉진법(주택공급에 관한 규칙 제 26조 「입주금의 납부」)에서 공정을 50%이상으로 정하고 있는 바, 시공이전단계에서 계획기성(공정율) 50%시점과 제4차 중도금 시점과의 비교를 통해 정확한 중도금 일정을 수립할 수 있다. 중도금 일정이 실제공정을 보다 빠른 경우, 돌관공사 또는 중도금 일정의 연기가 필요하고, 반대로 중도금 시점이 늦은 경우, 시공 후에도 중도금을 회수할 수 없게 되어 손실이 발생하게 된다.

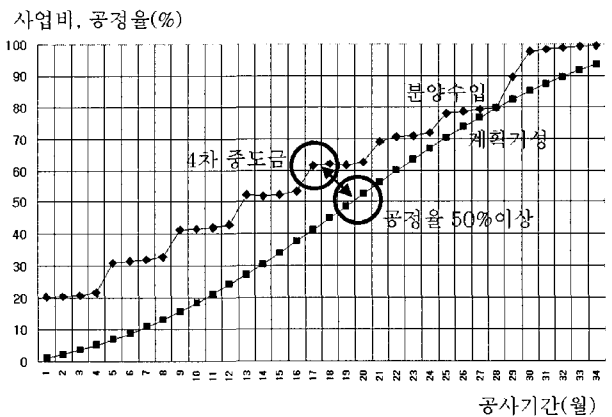


그림 20. 공정율과 중도금 일정

표준공정표 작성, 계획기성 산출, 전산시스템을 통한 계획기성 산출은 기존의 계획기성 산출 및 관리에 비하여 다음과 같은 특징을 갖는다.

첫째, 공정표 작성 및 계획기성 산출을 위한 작업기간이 종래의 30일~60일 소요에서 수시간~수일내로 단축된다. 따라서 시공이전단계의 사업기간 검토, 착공계 제출시의 공정표(율), 시공단계의 공정표(율) 작성 작업이 신속해진다.

둘째, 계획기성의 정확도가 크게 높아져 제4차 중도금 상환시점 설정, 현장 및 본사의 매출계획의 정확도 제고, 금융비용과 손익의 실시간 산출과 추적이 가능하다. 셋째, 시행사, 감리자, 시공사, 입주예정자, 해당관청 등 사업참여자가 공정표를 활용할 수 있고 사업의 진행추이를 상세하고 다양하게 시뮬레이션할 수 있음에 따라 프로젝트 관리능력이 제고될 수 있다. 넷째, 계획의 정확성에 대한 신뢰로 시행사, 감리, 시공사간의 계획대비 실적비교 관리가 활성화되어 차이발생에 대한 문제점 분석과 대책수립이 체계적으로 진행될 수 있다. 다섯째, 담당자의 경험과 수작업으로부터 시스템적 접근과 전산화로 시간, 인력, 노력이 크게 절감되어 생산성이 향상된다. 여섯째, 대규모 복합시설물을 시설물 단위로 분할하고 조합할 수 있어 다양한 형태를 수용할 수 있고 변경이 용이하다.

5. 결론

대단지 아파트 공사에서 계획기성은 현금흐름 관리 및 계획대비 실적비교 관리를 통한 경영의사결정의 핵심적 요소이다. 계획기성 산출 및 관리에 관한 실태조사 결과, 다수 현장에서 과거 실적자료 및 경험을 바탕으로 마스터 공정표상의 중공종에서 가중치를 배분하여 계획기성을 산출하는 것으로 나타났다. 이와 같이 산출된 계획기성은 산출근거가 미흡하고 정확성이 높지 않아 공정 및 공사비에 대한 체계적인 프로젝트 관리가 활성화되지 못하는 등 악영향으로 작용하게 된다.

계획기성은 공정과 공사비를 세부작업 레벨에서 통합하여 산출하는 것이 이상적이라고 할 수 있으나, 아파트 공사에서는 다수건물이 동시에 시공되는 특징으로 인하여 공정과 공사비를 통합하기 어려운 형편이다. 그 주요원인은 계획기성 산출의 초기 과정으로서 작업분할시 다수 건물로 인하여 공정 액티비티가 과다하게 발생하는 것으로 파악되었다. 액티비티 개수가 과다하면 후속작업인 작업기간 산정, 선후관계 설정, 일정계산/조정, 자원 배분, 계획기성 산출의 각 단계에서 작업절차가 복잡해지고 작업량이 크게 증가되기 때문으로 분석된다. 공정과 공사비를 통합하기 위해서는 공정-공사비 통합기술과 전문가 확보와 함께 전산장비와 통합시스템 등 제반요건도 함께 구비되어야 하는 것으로 분석되었다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 아파트의 특성인 표준화를 이용하여 표준공정표를 작성하고 공정-공사비 통합 프로세스 개선을 통하여 계획기성을 산출하고 D/B화하는 개선방안을 제시하였다. 개선안에 따르면 향후 프로젝트에서는 기존보다 정확하고 신속하게 공정표를 작성하고 계획기성을 산출할 수 있을 것으로 기대된다. 나아가 실적정보도 보다 정확히 수집되고 분석될 수 있어 향후 계획기성이 보다 정확해질 수 있을 것으로 예상된다.

이에 따라 아파트 공사에 참여하는 다수 사업참여자가 공정 및 공사비 관리를 체계적으로 수행할 수 있고 멀티 프로젝트의

관리능력 또한 향상될 수 있다.

향후 실제 실무적용을 위해서는 기존에 수행된 프로젝트들을 대상으로 시공이전단계와 시공단계에서의 계획기성 산출과 관련된 당초계획과 실제와의 차이와 원인분석에 대한 실험적 연구가 필요하다. 나아가 공정표 및 계획기성 D/B와 전산시스템의 실제적용을 통하여 문제점을 보완하는 노력이 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 이재은, 시공이전단계 건설사업관리 수요조사 연구, 대한건축학회논문집 제19권 4호, 2003
2. 김순영, 공동주택사업에서 입주예정자의 입주금 납부패턴을 고려한 현금흐름 예측모델 개발, 대한건축학회논문집 제19권 6호, 2003
3. 안성훈, 실공사비누적율을 활용한 공동주택의 분양가 납부 방법에 관한 연구, 대한건축학회논문집 제18권10호, 2002
4. 한종관, 시공자 중심의 주요 공종별 공기지연 원인분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집 제 19권 3호, 2003
5. 김용수, 국내 건축공사 현장의 공정관리 현황 및 문제점 분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제12권 12호, 1996
6. 박찬정, 건설시공단계에서의 일정-원가의 통합방안, 대한건축학회논문집 제16권 9호, 2000
7. 김영재, 총액계약 건설공사의 EVM 운영모델, 대한건축학회논문집 제18권 6호, 2002
8. 김희정, 공정-공사비 통합관리를 위한 현장공사관리체계 개선방안, 대한건축학회논문집 제17권 6호, 2001
9. 최광희, 중소건설업체의 다중현장관리를 위한 공정관리업무의 효율화방안, 대한건축학회논문집 제19권 4호, 2003
10. Gustavo Marcelo Murmis, "S" Curves for Monitoring Project Progress, Project Management Journal, Vol.28, No.3, 1997. 9

Abstract

In multiple apartment construction project, BCWS is a critical management factor and has a great influence on the success of the project. Due to the many apartment buildings & facilities which produce numerous activities, there are several problems in making out a time schedule of work as well as production and management of precise BCWS from the allocation of resources.

In this study, actual condition survey was executed in terms of the calculation and the management of BCWS. This study propose better solutions for efficient calculation of BCWS through the analysis of the problems and standard schedule & progress curves.

Keywords : EVMS, BCWS, Actual Survey, Standard Schedule, Progress Curves