

# 공사 초기단계에서의 회귀분석을 이용한 최종공사비(EAC) 추정 방법

## The Study on the System to Estimate the Cost by Using Regression in the Early Stage of the Project

이 윤 미\*○ 이 만 희\*\* 이 학 기\*\*\*  
Lee, Youn-Mi Lee, Man-Hee Lee, Hak-Ki

### 요 약

건설 사업은 다양한 불확실성 및 리스크 요인으로 인하여 사업 수행 과정이 초기 계획대로 수행되고 있는지에 대한 반복적인 성과측정 및 후속 관리 조치가 필요하다. 이러한 성과 측정의 가장 대표적인 기준이 공정, 공사비, 품질이며 특히, 공정과 공사비의 경우 정량적인 평가가 가능하고 통합관리를 통해 효율성을 높일 수 있는 주요 관리 대상이 된다. 이를 위해 EVM(Earned Value Management)기법을 운영하도록 제도화 하였으며 EVM을 활용함으로써 사업 진도율 15~30% 시점에서 사업의 EAC(Estimate at Completion)와 공정결과를 예측할 수 있다. 본 연구에서는 기존 EAC 추정의 문제점을 제시하고 회귀분석을 이용하여 적정 EAC 변동 범위를 예측한다. 따라서 공동주택 건설사업에서의 공사 수행 중 공정과 공사비의 문제점을 사전에 파악하여 변동 범위의 결과 값을 통해 의사결정자들이 효율적인 의사결정을 할 수 있도록 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

키워드: EVMS, 최종공사비(EAC), 비용성과지수(CPI), 공정성과지수(SPI), 회귀분석(Regression)

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건설 사업은 다양한 불확실성 및 리스크 요인으로 인하여 사업 수행 과정이 초기 계획대로 수행되고 있는지에 대한 반복적인 성과측정 및 후속 관리 조치가 필요하다. 이러한 성과 측정의 가장 대표적인 기준이 공정, 공사비, 품질이며 특히, 공정과 공사비의 경우 정량적인 평가가 가능하고 통합관리를 통해 효율성을 높일 수 있는 주요 관리 대상이 된다. 이를 위해 정부에서는 공정·공사비 통합 관리(Earned Value Management, 이하 EVM)기법을 운영하도록 제도화 하였다.

특히, EVM을 활용함으로써 사업 진도율 15~30% 시점에서 사업의 최종공사비(Estimate at Completion, 이하 EAC)와 공정결과를 예측할 수 있다. 그러나 기존의 EAC 추정에서는 건설사업의 리스크 및 불확실성으로 인하여 각 시점마다 필요한 공사비 범위가 변동하는 상황을 반영하지 못하고 있다. 또한 공사비가 갖는 확률적인 속성을 제대로 반영하지 못하여 사업진행에 따라 축적된 자료를 고정된 단일 값으로 취급함으로써 EAC 추정시 변동에 따른 변화의 폭을 반영하기가 쉽지 않다.

따라서 본 연구에서는 EVM에서 공사비를 정확하게 산

정하고 합리적인 관리가 이루어질 수 있도록 각 단계별 주어진 공정·공사비 정보를 바탕으로 건설사업에서의 다양한 리스크 및 불확실성을 고려한 적정 EAC 추정이 이루어질 수 있는 방법론 제시를 연구의 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 EVM을 기반으로 회귀분석을 이용하여 공동주택 건설사업에서의 적정 EAC 변동 범위 예측을 연구의 범위로 한정한다. 이를 위해 기존의 EAC 추정 방법의 문제점을 제시하고, 실제 공동주택 사례를 대상으로 각 EAC 예측 결과의 비교 분석을 통하여 본 연구에서 제시하는 EAC 추정 방법의 타당성을 검증한다.

연구의 수행 절차 및 방법은 다음과 같다.

- (1) 국내·외 EVM 관련 기존 연구 현황 및 문헌을 수집·검토한다.
- (2) EVM에서 기존 EAC 추정 방법의 문제점 및 회귀분석을 이용한 EAC 추정 방법을 제시한다.
- (3) 건설 사업 초기 단계에서 리스크 요인이 발생한 사례 5개와 발생하지 않은 사례 1개를 수집·분석하여 사례 연구를 실시한다.
- (4) 통계분석 프로그램은 SPSS WIN을 사용하여 회귀분석을 실시하고 기존의 EAC 추정방법과 제시된 EAC 추정 방법의 타당성을 검증한다.
- (5) 이상의 결과를 바탕으로 결론을 제시한다.

\* 일반회원, 동아대학교 건축공학과, 석사과정  
\*\* 일반회원, 동아대학교 건축공학과, 박사수료  
\*\*\* 종신회원, 동아대학교 건축학부 교수, 공학박사

## 2. 회귀분석을 이용한 EAC 추정 방법

### 2.1 성과지수에 의한 EAC 추정 방법

EAC 추정이란 현재까지의 공사진도와 실 투입공사비를 분석하여 공사 완성시까지 필요한 발생 예상공사비를 평가, 측정하고 이러한 결과를 활용하여 잔여 공사물량에 대한 공사비를 예측하는 것을 의미한다. EAC를 산정하는 식은 다음 식 (1)과 같으며, 성과지수에 의한 EAC 추정 방식은 다음 표 1<sup>3)</sup>과 같다.

$$EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/index \quad (1)$$

표 1. 성과지수에 의한 EAC 추정 방식

I	$EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/CPI$
II	$EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/SPI$
III	$EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/(CPI \times SPI)$
IV	$EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/(m \times CPI+n \times SPI), m+n=1$

주) CPI - BCWP/ACWP, SPI - BCWP/BCWS

### 2.2 회귀분석을 이용한 EAC 추정 방법

기존 EAC 추정방법에서는 EAC를 단일 값으로 예측하고 있으며, EAC 추정을 위한 성과지수 추정시 사업수행의 한 시점에서 한정하여 측정된 결과를 전체 사업의 성과지수로 사용하기에는 어려움이 있다. 또한 공정 및 공사비 자료가 체계적으로 축적된 유사 사례 수집의 어려움으로 인하여 특성 및 유형이 다른 사업의 자료를 바탕으로 사례 적용을 실시함으로써 신뢰성 검증에 어려움이 있다.

이러한 문제점을 보완하기 위하여 본 연구에서 제시하는 회귀분석을 이용한 EAC 추정절차는 다음과 같다.

- (1) 성과측정 시점(주간, 월간, 분기 등) 중 주간 공정·공사비 실적자료를 측정한다.
- (2) 측정된 실적자료를 바탕으로 BCWS 대비 ACWP와 BCWP의 증감을 산정한다.
- (3) ACWP와 BCWP의 증감을 바탕으로 각각의 회귀모형을 추정한다.
- (4) 단순회귀모형에 의한 95% 예측 구간을 산정한다.
- (5) 추정된 회귀모형에 의해 예측된 ACWP와 BCWP에 의한 사업수행단계별 예상 성과지수를 사용하여 각 사업수행시점별 EAC를 추정한다.

## 3. 사례연구

### 3.1 초기 건설공사 리스크

본 연구는 건설공사 초기단계를 분석 대상으로 한정하였기 때문에 공사 초기에 발생할 수 있는 리스크 요인을 분류하여 회귀분석에 의한 EAC 추정시 적절히 반영하여야 한다.

초기 건설공사의 리스크 요인분류는 “초기 건설공사의 리스크 분류체계에 관한 연구(황지선, 2003)”에서 불가항력, 재정·경제 관련, 정치·환경 관련, 설계도서 관련, 시공 관

3) 손보식, 이봉준, 이현수, 최공공사비 예측을 위한 적정 성과지수 선정 및 검증, 대한건축학회논문집 구조계 21권 2호, 2005. 02

련 리스크로 분류되었다. 본 연구에서는 재정·경제 관련 리스크에서 재료비 인상과 정치·환경 관련 리스크에서 민원 발생으로 인하여 공정이 지연되고 공사비가 증가한 사례를 연구의 대상으로 선정하였다.

### 3.2 개요

본 연구에서 제시한 EAC 추정 방법의 적용 가능성을 검증하기 위하여 6개의 건설회사에서 시공한 공동주택 6개의 공사를 연구의 대상으로 선정하였다. 사례 공동주택의 실행 예산 및 프로젝트 완료 후 공사비 등의 개요는 표 2와 같다.

표 2. 공동주택(사례 A~F)의 개요

리스크	사례	세대수	실행예산	공사기간	완료후공사비
발생안함	E	335세대	30,700,000,000	16개월	30,521,940,000
재정경제 관련	A	671세대	60,777,918,160	24개월	64,352,543,010
	D	360세대	49,661,981,000	37개월	52,343,729,018
정치환경 관련	B	511세대	44,830,493,517	36개월	49,031,209,661
	C	748세대	41,715,568,516	35개월	43,085,984,388
	F	392세대	28,629,451,107	29개월	28,986,332,276

### 3.3 성과측정

EVM 기법에서 사업수행 단계별 주간 측정요소(ACWP, BCWS, BCWP)에 따른 CPI와 SPI를 산정하였다. 공사 진행을 30% 시점에서의 측정요소 및 성과지수는 표 3과 같다.

표 3. 30% 시점에서의 측정요소 및 성과지수

리스크	사례	측정요소(백만원)			성과지수	
		ACWP	BCWP	BCWS	CPI	SPI
발생안함	E	9,099	8,025	9,889	0.882	0.812
재정경제 관련	A	19,283	14,301	18,328	0.742	0.780
	D	15,274	13,313	14,541	0.872	0.916
정치환경 관련	B	16,994	14,561	13,584	0.857	1.072
	C	17,541	16,128	16,639	0.919	0.969
	F	8,603	8,317	8,729	0.967	0.953

30% 시점에서 CPI의 경우 모든 사업이  $CPI < 1$ 로 공사비가 과다 지출되고 있으며, SPI의 경우 사례 B를 제외한 나머지 사업이  $SPI < 1$ 로 사업이 계획 공정보다 지연되고 있는 것으로 나타났다.

### 3.4 ACWP 및 BCWP 증감 회귀분석

회귀분석을 실시하여 각 단계별 성과측정 결과를 바탕으로 EAC 변동범위를 예측하여야 한다. 이를 위해 공정을 30% 시점에서 BCWS 대비 ACWP와 BCWP의 증감에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 변수의 설명력을 알아보기 위해 회귀분석을 실시한다. 그리고 검증절차로부터 선형모형의 적합도를 측정하는데 이용되는  $R^2$ (0.7이상)과 유의확률(0.05)이 모두 통계적으로 유의하게 나타났으며, 분석결과 각 회귀식은 표 4와 같다.

표 4. ACWP, BCWP 회귀식

리스크	사례	ACWP 회귀식	BCWP 회귀식
발생 안함	E	$Y_{ac} = -352.657 - 15.158X$	$Y_{bc} = -352.510 - 50.708X$
재정 경제	A	$Y_{aa} = -19.082 + 32.290X$	$Y_{ba} = -103.884 - 148.533X$
	D	$Y_{ad} = 118.481 + 16.310X$	$Y_{bd} = 68.415 - 40.220X$
정치 환경	B	$Y_{ab} = 19.748 + 113.787X$	$Y_{bb} = 9.030 + 32.815X$
	C	$Y_{ac} = -83.734 + 25.973X$	$Y_{bc} = -76.985 - 20.444X$
	F	$Y_{af} = 433.600 + 79.399X$	$Y_{bf} = -5.006 + 5.046X$

주)  $Y_a$ -ACWP,  $Y_b$ -BCWP, X-BCWP

#### 4. EAC 추정

회귀분석 결과 추정된 식(표 4)에 의해 공정율별 예상 ACWP와 BCWP를 산정할 수 있다. 산정된 ACWP와 BCWP에 의한 CPI, SPI를 이용하여 EAC를 예측할 수 있다. 사업의 특성에 따라 적합한 성과지수가 달라질 수 있을 가능성을 고려하여 개별 사업에 적합한 성과지수를 사용하여 EAC를 추정할 필요가 있다.

##### 4.1 공사 초기 리스크가 발생하지 않을 경우

사례 E(그림 1)의 경우 공사 초기단계에서 공기지연이나 공사비의 증감 요인이 발생하지 않은 사업으로 각 성과지수에 의한 예측식의 오차율이 -1~3%로 정확하게 예측되고 있다. 표 5와 같이 성과지수 선정에 있어서 CPI, SPI,  $CPI \times SPI$ ,  $0.8CPI + 0.2SPI$  모두 큰 오차가 발생하지 않는다는 것을 알 수 있다.

##### 4.2 재정·경제 관련 리스크가 발생한 경우

사례 A, D(그림 2, 3)의 경우 강관 파일 및 철근 수급 불안으로 인하여 기초 및 지정공사가 지연되어 30% 시점에서의 성과측정 결과 공정진행도에 따른 SPI에 의한 EAC 추정이 CPI에 대한 EAC 추정보다 공사 완료 후 공사비에 근접하는 것으로 나타났다.

##### 4.3 정치·환경 관련 리스크가 발생한 경우

사례 B(그림 4)의 경우 공사 부지 주변이 시장 상권으로 토공사 진행시 소음발생으로 인한 민원이 발생하여 한 달간 공사가 중지되었다. 또한 민원 발생으로 인한 민원처리 비용까지 투입되어 30% 시점에서의 성과측정 결과 복합성과지수인  $CPI \times SPI$ 에 의한 EAC 추정이 사업 완료 후 공사비에 근접하는 것으로 나타났다.

사례 C(그림 5)의 경우 공사 부지의 지질이 단단한 암반으로 되어 있어서 토공사 진행시 심한 소음이 발생하여 민원으로 인하여 두 달간 공사가 지연되었다. 사례 B와 같이

30% 시점에서의 성과측정 결과 복합성과지수인  $CPI \times SPI$ 에 의한 EAC 추정이 사업 완료 후 공사비에 근접하는 것으로 나타났다.

사례 F(그림 6)의 경우 토공사 진행시 심한 소음이 발생하여 공사 사업 초기단계에서 민원이 발생하였으나 공법 변경 등의 리스크 대응을 통하여 신속하게 민원을 해결하여 공기지연 및 공사비 증가가 발생하지 않았다. 30% 시점에서의 성과측정 결과 공사비와 공정을 적정 배분하여 고려한 복합성과지수인  $0.8CPI + 0.2SPI$ 에 의한 EAC 추정이 공사 완료 후 공사비에 근접하는 것으로 나타났다.

본 사례 분석을 통해서 3가지의 결과를 도출할 수 있다.

(1) 자재 수급 불안, 자연적 재해 등으로 공기가 지연되었을 경우 공정성과지수인 SPI로 EAC를 예측하는 것이 CPI로 EAC를 예측하는 것보다 타당한 것으로 분석된다. (사례A, D)

(2) 민원 발생 등으로 공기지연과 리스크 대응을 위한 비용의 발생이 동시에 발생하였을 경우  $SPI \times CPI$ 로 EAC를 예측하는 것이 타당한 것으로 분석된다. (사례B, C)

(3) 사업초기단계에서 리스크 요인이 발생하지 않았거나 발생하였으나, 적절히 대응하여 공사비와 공기에 영향이 없었던 사업의 경우에는 기존 연구에서 타당성을 검증받았던  $0.8CPI + 0.2SPI$  성과지수를 이용하여 EAC를 예측하는 것이 타당한 것으로 분석된다. (사례E, F)

##### 4.4 시점별 오차율

공정을 30%시점에서 각 성과측정 시점별 EAC 추정 결과를 기준으로 공정을 40~90%시점까지 실적자료에 의한 최대 오차율 22%, 최소 오차율이 0.7%로 분석되었다. 최대 오차율의 경우에도 자재 수급 불안이나 민원 발생 등 리스크 요인이 발생한 시점을 제외하면 10% 내·외에서 예측 가능하였다. 또한 적정성과지수를 이용하여 EAC를 추정할 경우 사업이 진행 됨에 따라 더욱 정확한 EAC 예측이 가능한 것으로 분석되었다.

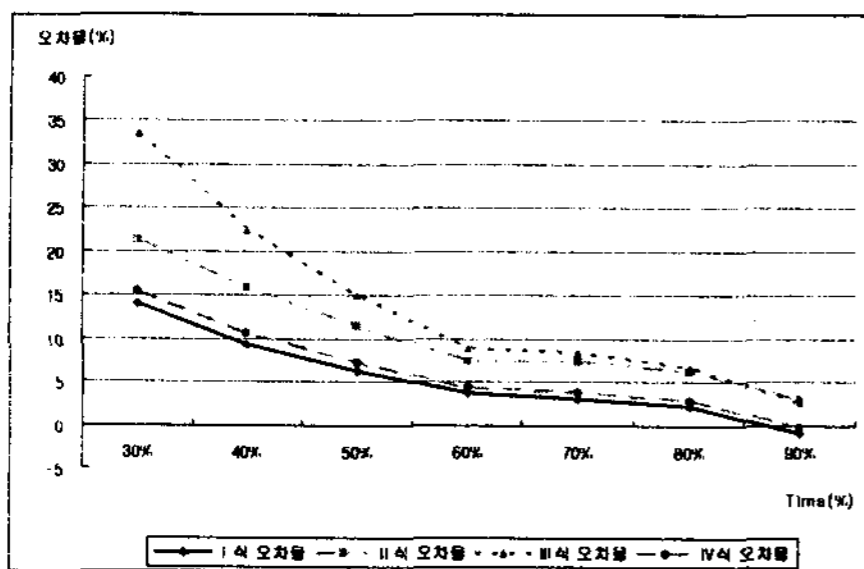


그림 1 사례 E 시점별 오차율

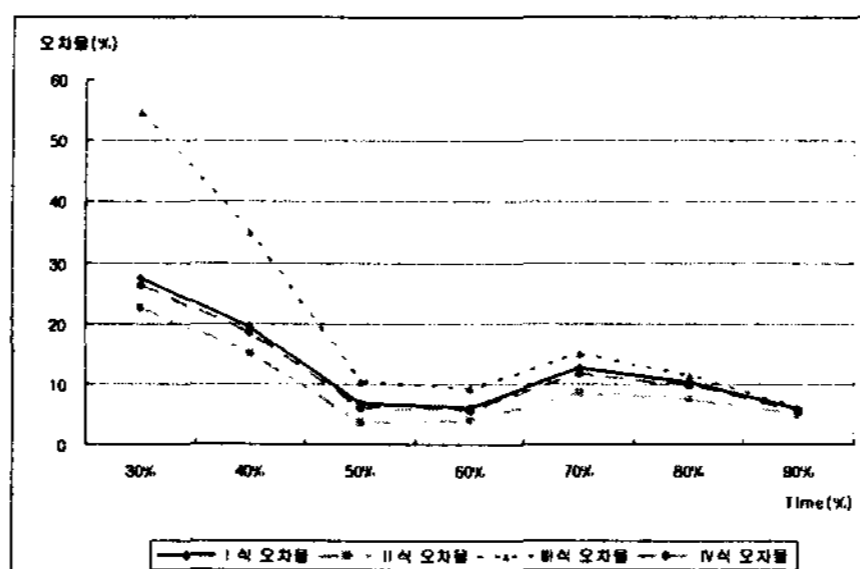


그림 2 사례 A 시점별 오차율

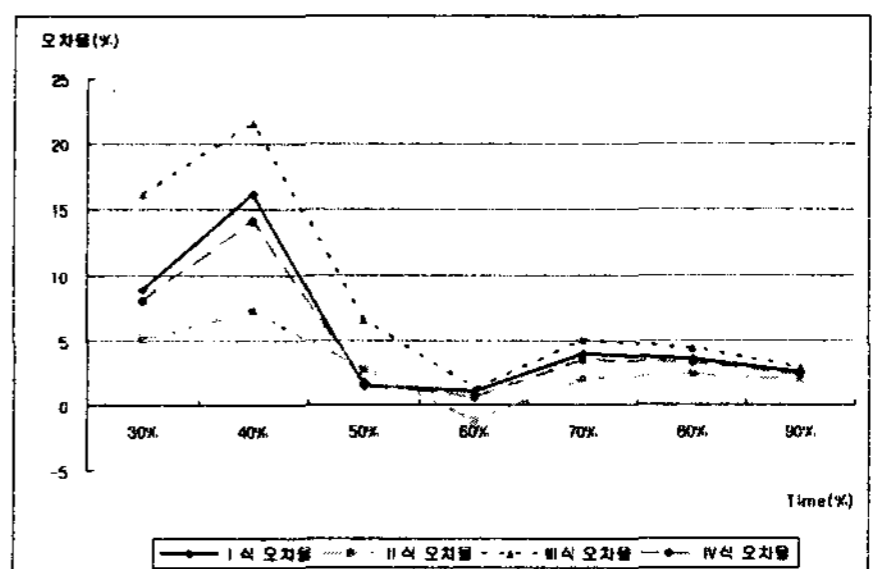


그림 3 사례 D 시점별 오차율

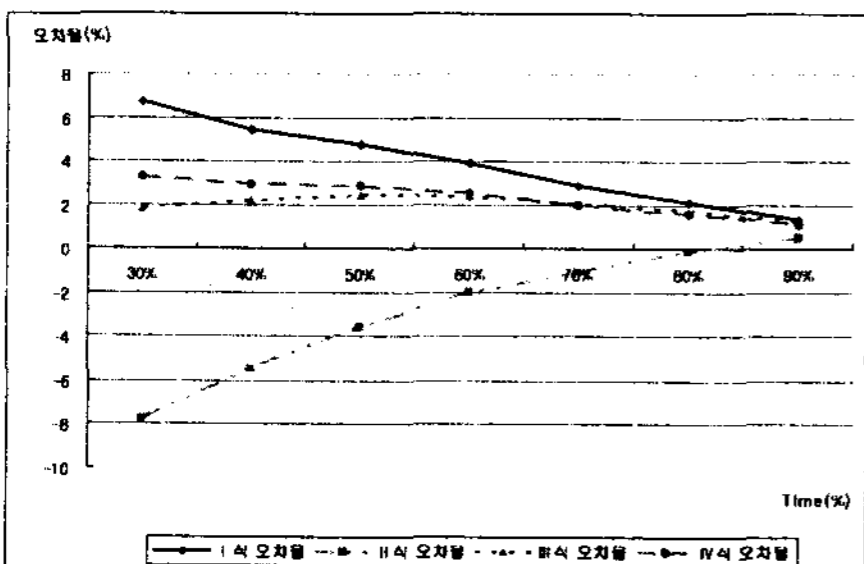


그림 4 사례 B 시점별 오차율

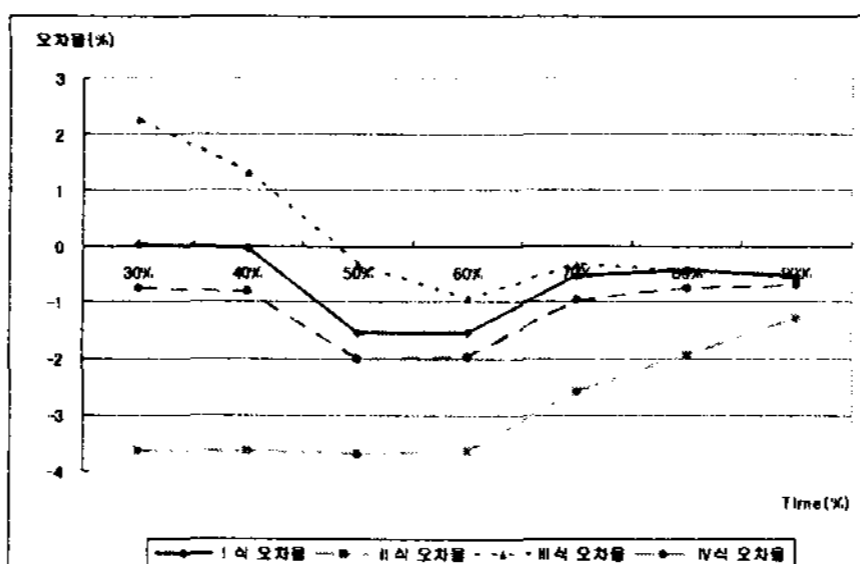


그림 5 사례 C 시점별 오차율

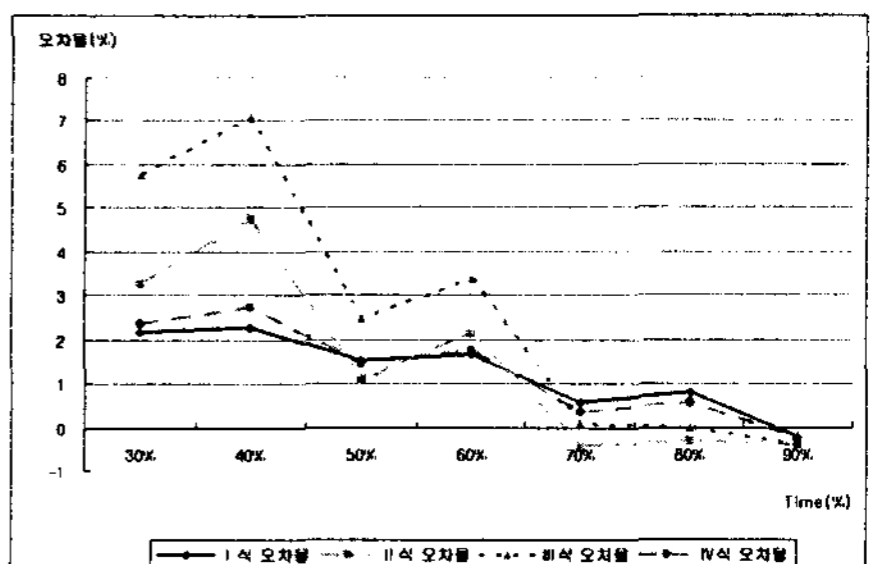


그림 6 사례 F 시점별 오차율

표 5. 공정을 30% 시점에서의 회귀분석에 의한 EAC 예측

(단위 : 백만원)

기존 EAC		30%							회귀분석 EAC (평균)		30%						
		CPI	0.882	0.875	0.875	0.876	0.876	0.876			0.877	CPI	0.882	0.875	0.875	0.876	0.876
기존 EAC	SPI	0.812							회귀분석 EAC (평균)	SPI	0.812	0.808	0.813	0.816	0.819	0.821	0.822
	AC	9,099						AC		9,099	11,979	14,910	17,840	20,288	23,552	26,000	
	EV	8,025						EV		8,025	10,477	13,051	15,624	17,774	20,640	22,790	
	EAC	34,807						EAC		34,807	35,101	35,073	35,054	35,043	35,031	35,024	
A	EAC	37,040						B	EAC	37,040	37,018	36,622	36,306	36,079	35,808	35,622	
B	EAC	40,778						C	EAC	40,778	40,608	39,715	38,925	38,312	37,537	36,977	
C	EAC	35,225						D	EAC	35,225	35,461	35,365	35,291	35,239	35,178	35,138	
D	EAC																

회귀분석 EAC (하한)		30%							회귀분석 EAC (상한)		30%						
		CPI	0.882	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885			0.885	CPI	0.882	0.864	0.865	0.866	0.867
회귀분석 EAC (하한)	SPI	0.812	0.833	0.837	0.840	0.841	0.843	0.844	회귀분석 EAC (상한)	SPI	0.812	0.782	0.788	0.793	0.796	0.799	0.800
	AC	9,099	12,216	15,187	18,158	20,640	23,949	26,430		AC	9,099	11,742	14,632	17,522	19,936	23,155	25,569
	EV	8,025	10,811	13,442	16,073	18,270	21,200	23,397		EV	8,025	10,142	12,659	15,176	17,278	20,081	22,183
	EAC	34,807	34,689	34,686	34,684	34,682	34,681	34,680		EAC	34,807	35,541	35,484	35,447	35,424	35,400	35,387
A	EAC	37,040	36,079	35,800	35,575	35,412	35,218	35,083	B	EAC	37,040	38,035	37,512	37,099	36,804	36,453	36,213
B	EAC	40,778	39,180	38,476	37,835	37,328	36,679	36,205	C	EAC	40,778	42,181	41,078	40,126	39,399	38,489	37,838
C	EAC	35,225	34,954	34,899	34,854	34,822	34,784	34,758	D	EAC	35,225	36,001	35,861	35,754	35,681	35,597	35,542
D	EAC																

따라서 본 연구에서 제시하는 회귀분석에 의한 EAC 추정방법을 이용하여 측정시점까지의 불확실성을 바탕으로 향후 발생 가능한 각 성과측정 시점별 EAC 변동 범위를 사업의 초기단계에서부터 효과적으로 예측할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 초기단계에서 발생한 리스크 요인을 반영한 적정성과지수를 적용한다면 더욱 정확한 예측이 가능할 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 EAC 추정에 대한 기존 연구의 문제점을 분석한 후 문제점을 개선하기 위하여 공사 초기 단계에서 EAC 추정을 위한 기초적인 방법론 제시를 연구의 목적으로 하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- (1) EAC를 단일 값이 아닌 하한, 평균과 상한의 세가지 값으로 추정하여 EAC의 변동 범위를 제시함으로써 의사결정자에게 최종공사비의 변동 가능성에 대한 폭넓은 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.
- (2) 성과측정 시점까지의 공정·공사비 측정 자료를 바탕으로 잔여공사에서의 변동을 예측하여, 향후 수행되는 각 단계별 성과지수 측정 및 EAC 추정에 사용함으로써 전체 사업에서의 EAC를 더욱 정확하게 예측할 수 있을 것으로 분석된다.

(3) 회귀분석시 기존 사례에서 축적된 자료를 사용하는 것이 아니라 당해 사업에서 측정된 실적자료를 사용함으로써 사업별 특성 및 리스크 요인이 반영된 EAC 추정이 가능하여 사례 적용시 신뢰성이 높은 검증이 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시하는 방법에 의하여 EAC 변동 범위를 보다 정확하게 예측하여 공사 수행 중 공정과 공사비의 문제점을 사전에 파악하고, 의사결정자들이 분석 결과를 통해 효율적인 의사결정을 할 수 있도록 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구에서는 공사 초기에 발생할 수 있는 리스크 요인별 적정 EAC를 추정하기에는 사례수가 부족하다는 한계점이 있다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 사례를 바탕으로 각 성과측정 시점별 EAC 변화율 추정 및 공정·공사비 관리에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 1. 이동준, 손보식, 김우영, 이현수(2004). 확률개념의 시뮬레이션을 이용한 최종공사비 추정방법. 대한건축학회논문집 19권 9호
- 2. 박은진, 김수영, 황효수(2002). EVMS에서 최종예상공사비(EAC) 평가방법에 관한 검증. 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 제3회

Abstract

The EAC(Estimate at Completion) among existing methods, which estimate cost and time effectively, help managers anticipate changeable several results at the point of 15~30% in the project progress. However, this method may cause such some problems as not to consider the periodically changing circumstances caused by construction risks or uncertainties which can affect the cost and time in the project, and to regard collected and accumulated data only as a single value when predicting the results on the progress. Accordingly, it is very difficult to accept the even small range of variability based on the anticipation of EAC.

Consequently, the study focuses on the possibility methodology to anticipate time and cost accurately on the way to utilize EVMS(Earned Value Management System), and also suggest the way to perform the right estimation of EAC as considering various risks and uncertainties in construction projects.

Keywords : EVMS, EAC, CPI, SPI, Regression Analysis