

건설공사 수행에 따른 최종공사비 예측방법에 관한 연구

A Study On the Predicting Method of the EAC according to the Performance Index of Construction Projects

이 상 범*

Lee, Sang-Beom

Abstract

The EVMS(Earned Value Management System) comes from C/SCSC which was first released by the United States Department of Defense in December 1967, and proved very powerful and efficient project management tool from a lot of practices. Although it is an excellent tool, we can not be succeed appling foreign system due to the differences of construction culture and law between the Korean and US construction industries.

EAC(Estimate at Completion) is one of the most important functions in the EVMS. The purpose of this study is to propose the improved EAC method according to the performance indices better than old that and to prove from examples. In advance, the improved EAC method is to estimate more exactly costs and to promote efficiency in construction projects.

키워드 : 공정-공사비 통합관리, 비용성과지수, 공정성과지수, 최종총공사비

Keywords : EVMS, CPI, SPI, EAC

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 정부가 공공부문에서 공사의 고효율, 저비용의 목적으로 EVMS(Earned Value Management System)를 도입하게 됨에 따라 이에 대한 관심이 집중되고 있다. EV의 개념을 건설과정에 다양하게 활용하여 공정과 공사비를 통합하고, 객관적인 성과측정 기준을 제공하는 사업관리 기법으로 투명한 공사관리 뿐만 아니라 건설사업 수행 전 과정에서 합리적인 사업관리에 유효한 기법이다.

그러나, 아직까지도 대부분의 건설업체에서는 공정과 비용 관리가 개별적으로 관리되고 있고, 일부 기업에서 부분적인 적용을 시도하고 있지만, 객관적인 성과측정기준이 없어 이에 대한 신뢰가 미흡한 실정이다. EVMS 기법은 외국에서는 효율적인 프로젝트 관리도구로 검증되었음에도 불구하고 국내의 건설산업 환경의 차이와 자료축적미비로 인해 적용에 어려움을 겪고 있다.

EVMS의 구성요소 중 EAC(Estimate at Completion : 최종 총공사비) 예측은 사업관리를 수행하면서 프로젝트 수행실적에 대한 분석결과를 바탕으로 최종비용 및 공정을 예측하여 계획대비 실적을 관리하는 효율적인 기법으로 알려져 있다. 이러한 EAC 예측은 프로젝트의 특성, 다양한 변수, 내역작성의 문제점 등을 가지고 있어, 현재와 같은 방식으로 접근하기에는 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 최종 공사비 예측에 대한 기존 산정방식을 검토·분석하고, 신뢰도가 높은

새로운 산정방식을 제안함으로써 보다 정확한 예측과 프로젝트의 효율적인 의사결정에 기여하고자 한다.

1.2 연구의 범위와 방법

최종공사비 예측에 관한 국내·외 관련문헌조사를 실시하여 연구의 방향과 범위를 확정하고, 현행의 EAC 예측방법의 고찰과 문제점 분석을 통하여 새로운 제안방식 제시하며, 방식의 적용가능성과 신뢰성을 사례를 통하여 검증하기 위한 연구의 범위와 방법은 다음과 같다.

첫째, EAC와 관련된 자료분석과 건설현장의 특성을 검토 하였으며, 다음으로, 기존 EAC 예측방법의 특성과 문제점 등을 분석하여 건설현장의 특성과 비교하였다. 이를 토대로 새로운 예측방식을 제시하였다.

마지막으로 예측방법의 적용가능성 분석을 위하여 기존의 방식과 새로운 방식의 건설현장 사례분석을 통하여 비교·분석하는 것을 연구의 범위와 방법으로 하였다.

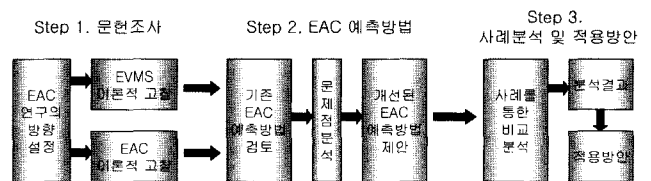


그림 1. 연구흐름

2. 최종공사비 예측에 관한 이론적 고찰

2.1 EVMS 고찰

1) EVMS의 정의

EV(Earned Value)개념은 프로젝트 관리자가 향후 발생하게 될 어려운 문제들을 사전에 인지하고 관리할 수 있도록 하는 조기경보(Early Warning)형식의 관리기법이다. 전통적인 비용진도관리의 확장된 개념이라고 할 수 있다.

과거의 방법들이 대부분 계획성과량(BCWS)과 실제비용(Actual Cost)에 초점을 맞추고 있는 반면, EV개념은 실제 성과량(BCWP)을 측정하게 한다. 실제 성과량은 프로젝트 관리자로 하여금 잠재적인 리스크가 있는 부분에 대해 보다 면밀한 통찰력을 갖게 해준다. 또한 실제성과량의 측정은 산출된 완성 비용의 정확성을 높여준다. 이러한 명확한 자료에 의해, 프로젝트 관리자는 실제 비용, 작업일정과 기술적 진척도에 근거하여 프로젝트의 리스크를 완화할 수 있는 계획을 세울 수 있게 된다. EV의 특성은 3가지로 표현할 수 있다. 첫째, 전체 프로젝트의 작업량에 대한 공통의 측정단위로서 작업시간이나 비용의 측정기준으로서 활용된다. 둘째, 프로젝트 수행작업 및 실적의 일관된 분석방법이다. 셋째, 프로젝트의 비용 실적분석의 근거가 된다.

EVMS는 EV개념을 활용하여 공정·공사비가 통합된 관리기준상에서 관리항목(Control Account)을 중심으로 계획 대비 실적 측정을 통해 프로젝트가 관리되는 실적기반의 관리체제로 볼 수 있다. 미국 예산관리처는 EVMS를 “프로젝트 사업비용, 일정 그리고 수행목표의 기준설정과 이에 대비한 실제진도 측정을 위한 성과 위주의 관리체계”라 정의하고 있다. 또한 Fleming과 Koppelman(1996)은 EVMS를 “상세히 작성된 작업계획에 실 작업을 계속적으로 측정하여 프로젝트의 최종 사업비용과 일정을 예측할 수 있도록 하는 관리방법”이라고 정의한다. 이러한 정의에서 보듯이, EVMS는 사업비용과 일정을 “계획 대비 실적”을 통합된 기준으로 관리하며, 이를 통하여 프로젝트 수행성과에 대한 상황을 파악하고, 문제의 분석, 만회 대책의 수립, 그리고 향후 예측을 가능하게 한다.

2) EVMS 동향

(1) 국내

1999초에 정부에서 수립한 “공공사업 효율화 대책”에서는 공정·공사비 통합관리를 통한 공사관리의 효율성을 제고하기 위해 EVMS기법의 도입을 권고하고 있으며, 이에 따라 건설기술 관리법 시행령(2000. 3)에서는 500억원 이상 공공건설공사를 대상으로 EVMS를 활용하도록 하고 있다. 그 동안 국내에서는 EVMS에 대한 개념, EV기반의 진도율 측정방안 등에 대한 기초적 연구와 비용-일정 통합모델 구축을 위한 연구가 진행되어 왔고, 원자력 발전소 건설공사, 신공항 건설공사, 고속철도 건설공사 등 일부 대형건설사업에서 분석적 차원에서 적용한 사례가 있다. 또한 일부 대형 건설회사를 중심으로 EVMS 적용을 시도하고 있으나, 그 적용에 있어 체계적인 접근이 미흡한 실정이며, 아직 국내

에서는 EVMS에 의한 공정·공사비 통합관리를 본격적으로 적용한 사례는 거의 없는 실정이다.

(2) 외국

미국방성 프로젝트에서 처음 사용되기 시작한 EVMS는 1980년말 호주와 캐나다가 EVMS를 채택하면서 점차 확산 적용되기 시작하였다. 이어서 1993년 IPMC (International Performance Measurement Council)의 설립을 시작으로 1995년 미국, 호주, 캐나다 등의 국가들은 EVMS의 적용대상이 되는 계약자에 대한 교차승인 및 관리기준, 절차에 관한 상호 인증 협정을 위한 합의각서에 서명하였다. 스웨덴과 뉴질랜드, 영국은 간단한 서신교환형식의 비공식 참여가 있었다. 자국의 프로젝트 관리 활성화를 위해 설립된 이 기구는 현재 EVMS 국제표준을 추진 중이며, ISO 9000을 모델로 EVMS의 제 3차 인증제도의 적용방안을 모색하고 있다. 각 국가별 동향을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

① 미국

미국은 1965년 미 공군에서 C/SCSC를 개발하여 국방성(DOD) 주요사업에 적용하여 왔으며, EVMS의 개념과 적용 기준을 태동시킨 국가이다. 현재 많은 프로젝트에 적극 채택되어 적용되어지고 있다. 다만 미국에서는 EVMS 기법을 주로 실비정산보수가산방식(Cost plus fee)에 적용하고 있으며, 확정계약방식(Fixed price contracts)에서는 분석차원에서 활용하고 있으나, 아직 본격적으로 적용하지는 않고 있다.

② 호주

호주는 미국에 이어 EVMS에 대한 오랜 경험을 가진 국가로 1983년 소규모 사업에 최초 시범 적용되었고, 현재 총 사업비 \$200만 이상 프로젝트에는 반드시 적용하도록 규정하고 있다. 호주의 EVMS적용의 특징은 실비정산보수가산 방식뿐만 아니라 확정계약방식에도 적용하고 있다. 실 투입비용(Actual cost data)를 확인하는데 어려움이 있으나, 현재는 수급자의 적극적인 협조로 효율적으로 운영되고 있다.

③ 영국

영국은 1996년 국가표준인 BS607 프로젝트관리 지침을 제정하면서 미 국방성 조달규정에 명시된 EVMS지침을 부록에 포함하였으나, EVMS의 실무적용은 적극적이지 못하다. 이는 EVMS기법의 적용에 따른 부가비용과 대비하여 그 효과가 불명확하고, 수급자의 이윤 감소 우려와 수급자의 적극적인 참여부족에서 기인하는 것으로 파악된다. 그러나 1998년 런던에서 개최된 EV심포지움에서 국방장관이 조달시스템의 혁신을 위해 EVMS의 채택을 결정함에 따라 미국에서 추진중인 EVMS기법에 관한 국제표준 지침개발에 참여하고 있다.

④ 일본

일본에서는 1999년 IPCM에 가입하면서 건설을 중심으로 PM기법 도입방안의 일환으로 2004년부터 공공사업에 EVMS를 적용하기로 결정하고, 2002년까지 EVMS에 관한

국가적인 표준 지침을 개발하고, 2004년부터 모든 공공 건설사업에 EVMS를 본격 적용할 계획으로 추진하고 있다.

이상과 같이 외국에서는 EVMS를 국가 표준으로 채택하고 있으며, 이는 EVMS의 효용성이 충분히 입증된 결과로서 EVMS의 채택여부는 프로젝트관리 능력을 직·간접적으로 파악할 수 있는 척도가 되고 국제표준으로 자리잡아 가고 있는 추세이다. 한편 EVMS기법은 실비정산보수가산방식에 대해서는 적극 활용하고 있으나, 건설공사의 대부분을 차지하고 있는 총액단가계약방식에는 계약구조의 특성상 아직 활성화가 미흡하나 향후 확대될 전망이다.

3) EVMS의 구성요소

EVMS의 기본요소는 프로젝트 성과측정의 기준이 되는 계획요소, 성과측정 및 경영분석을 위한 측정요소, 그리고 분석요소로 크게 세 가지로 나눌 수 있으며, 그 주요내용을 정리하면 표 2와 같다.

4) EVMS의 적용절차

EV개념을 프로젝트에 적용하기 위해서는 EV시스템 구축에서부터 실적데이터의 수집·분석·활용까지 7단계로 진행되며 제시된 각 단계는 상호연관성을 갖고 유기적으로 적용되는 것이 일반적이다.

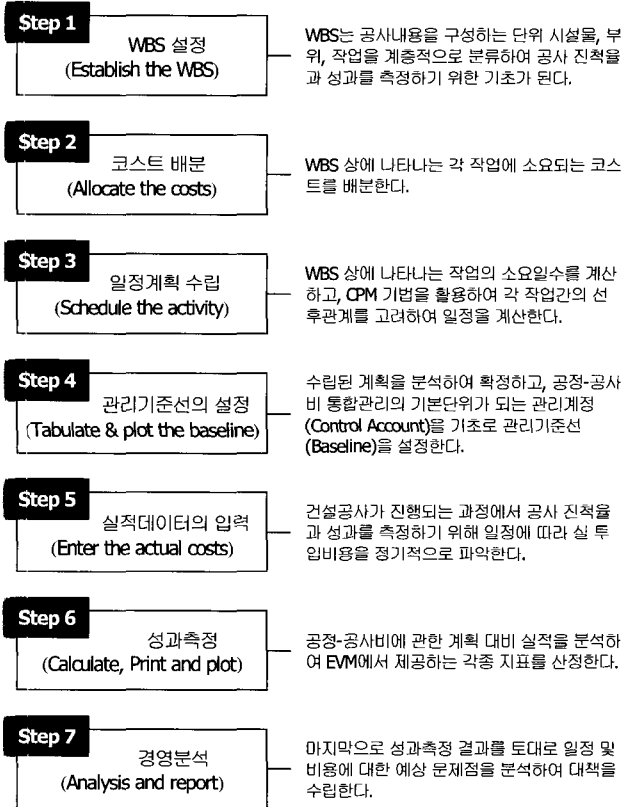


그림 2. EVMS적용 절차

표 2. EVMS의 구성요소

용어	약어	원어	설명	
계획요소	작업분류체계	WBS	Work Breakdown Structural	작업분류체계
	조직분류체계	OBS	Organizational Breakdown Structure	조직분류체계
	관리계정	CA	Control Account	공정-공사비 통합요소
	관리기준선	PMB	Performance Measurement Baseline	공정-공사비 실적측정관리기준선 S-curve
측정요소	계획진도	BCWS (PV)	Budgeted Cost for Work Schedule	계획물량×예산단가
	실적진도	BCWP (EV)	Budgeted Cost for Work Performed	작업물량×예산단가 기성고
	실투입비용	ACWP (AC)	Actual Cost of Work Performed	작업물량×투입단가
	총 사업예산	BAC	Budgeted at Completion	예산
	총 예상비용	EAC	Estimated Cost at Completion	총 투입예상
분석요소	일정편차	SV	Schedule Variance	BCWP - BSWS
	비용편차	CV	Cost Variance	BCWP - ACWP
	비용지수	CPI	Cost Performance Index	BCWP/ACWP
	진도지수	SPI	Schedule Performance Index	BSWP/BCWS

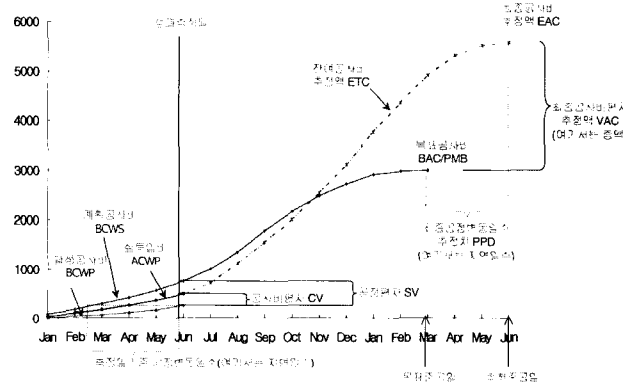


그림 3. EVMS에 의한 성과측정 및 경영분석

2.2 EAC의 고찰

1) EAC의 정의

EAC예측이란 현재까지의 공사진도와 실 투입공사비용을 분석하여 공사 완성 시까지 필요한 발생 예상비용을 평가, 측정하고, 이러한 결과를 활용하여 남은 공사물량에 대한 공사비용을 예측하는 것을 의미한다. 그 중에서도 EAC는 EVMS의 가장 중요한 성과측정 및 경영분석 요소 중의 하나이다.

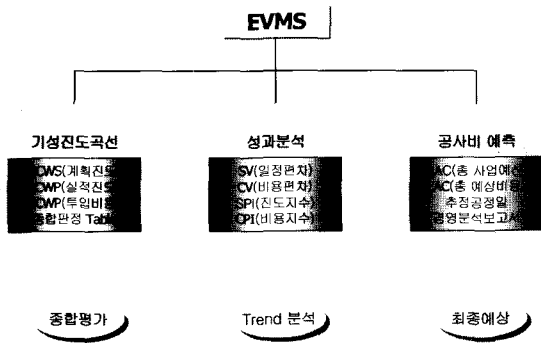


그림 4. EVMS 분석 Table

EV(Earned Value)는 어떤 노력을 통해 획득된 가치를 말하는 것으로 사업의 특정시점에서 실제 수행된 작업량 또는 진도율과 유사한 개념이며 이를 관리하는 기법을 EVMS라고 한다.

모든 프로젝트에 EV개념을 적용해야 하는 이유에는 여러 가지가 있지만, 그 중에서도 사업진도율에 따라 프로젝트의 EAC와 공정결과를 통계적으로 예측할 수 있다는 점이 중요하다. 이러한 예측을 위하여 다양한 공사성과지수를 활용하게 된다. EAC를 예측하는 방법에는 두 가지가 있다. 첫째는 모든 잔여 작업들을 모든 조건을 감안하여 재검토한 후 재견적하는 상향방식(bottom up)이고, 둘째는 공사성과지수를 이용하여 통계적으로 EAC를 추정하는 하향식(Top-Down) 방식이다.(Fleming and Koppelman, 1996), 일반적으로 상향방식에 의한 EAC 추정은 높은 신뢰성 있는 예측기법으로 평가하지만, 예측자료를 만들기 위해 작업진행과정을 분석한 후, 재견적하는데 많은 시간과 노력이 필요하게 된다. 또한 실적자료에 의한 정확한 작업생산성이 측정되고 이를 적극 활용해야 하는 전제조건이 필요하다. 우리나라와 같이 도급계약 금액 산정을 위해 표준품셈을 활용하는 방식을 선호하는 경우에는 상향방식 적용에 신뢰도가 떨어지게 된다. 그러나 하향(Top-Down) 방식에 의한 통계적 예측방법은 사업 진도율이 20%이후부터는 오차범위 10%이내에서 매우 정확하다는 것이 증명됨에 따라(Singh 1991, Christensen 1993), 많은 사업관리자들이 하향방식을 이용하여 EAC를 예측하게 되었다.

2) EAC의 절차

EAC의 적용절차는 상향방식과 하향방식으로 구분하여 적용절차를 그림 5에 제시하였다. EVMS를 적용하는 프로젝트의 경우 하향방식에 의한 예측을 적극활용하고 있으므로, 본 연구에서도 하향방식에 의한 예측을 중심으로 다룬다. 프로젝트의 진행에 따라 예정 EAC예측을 위하여

계획진도(BCWS), 실적진도(BCWP), 실투입비용(ACWP)을 산출하게 된다. 산출된 진도를 활용하여 공사성과지수를 산출하고, 이를 활용하여 EAC를 예측하게 된다.

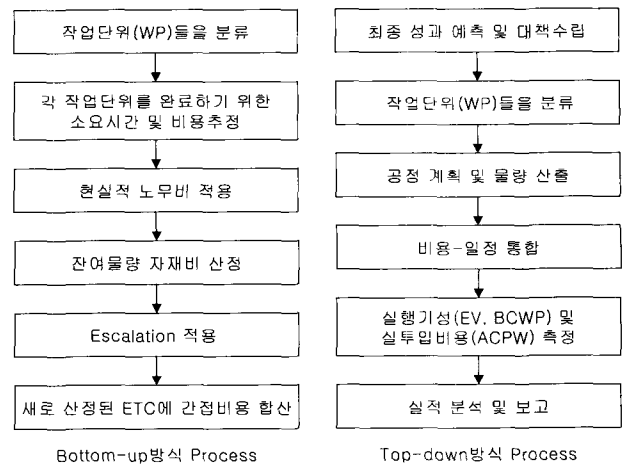


그림 5. Bottom-up 방식과 Top-down 방식의 비교

3) 지수에 의한 성과분석

설정된 계획진도에 의하여 프로젝트 진행과정에서 계획 대비 실적의 평가를 하게 되며, 이는 CV(비용편차), SV(일정편차)로 표현된다. 이 두 가지 차이를 비율로 표시하면 CPI(비용지수)와 SPI(일정지수)를 구하게 된다.

이러한 편차와 지수는 금회 또는 누계 값으로 표현되며, 이는 비용과 일정의 현황을 효율적으로 판단하고 신뢰성 있는 최종 공사비를 예측 할 수 있게 한다.

두 편차의 조합과 지수에 따른 공사 진행 평가는 다음 표 3과 같이 구분된다.

표 3. SV 및 CV 값에 따른 프로젝트 진행평가

CV	SV	평가	비고
+	+	비용절감, 공정단축	비용 및 공기의 단축이 가능
○	○	정상진행	이상적인 공사진행을 의미함
+	-	비용절감, 공정지연	공정지연으로 인해 계획대비 기성금액이 적은 경우 - 공기단축 및 생산성 향상 필요 공정지연과는 무관하게 생산성 및 기술력 향상으로 인해 실제로 비용절감이 이루어진 경우 - 공기단축 필요
-	+	비용증가, 공정단축	공정단축으로 인해 계획대비 기성금액이 많은 경우 - 계획대비 현금흐름 확인 필요 공정단축과는 무관하게 실제 투입비용이 계획보다 증가한 경우 - 생산성 향상 필요
-	-	비용증가, 공기지연	공기 단축 및 생산성 향상 대책 필요

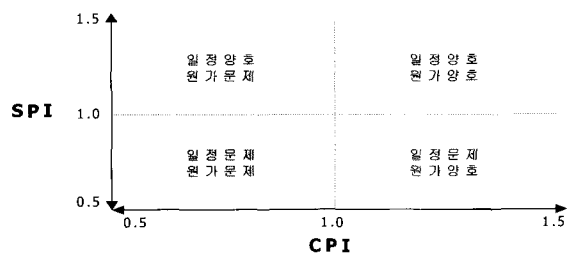


그림 6. 비용지수와 일정지수의 복합도표

3. EAC 예측 방법

3.1 EAC 예측 방법

프로젝트를 진행하면서 수행실적에 대한 분석결과를 기초 자료로 경영분석을 실시하고 대책을 수립할 수 있어야 한다. 즉, 프로젝트에 대한 실적분석자료를 토대로 현 상황을 분석하여 최종비용 및 공기를 예측하고 대응방안을 수립해야 한다. 이처럼 경영분석을 위한 EAC 예측방법에 대한 다양한 식들이 제시되고 있으며, 이러한 식들을 정리하면 표 4와 같다. 산정식들은 적용방법에 따라 커다란 편차를 가지고 있는 등 보다 정확한 검토가 필요하다.

표 4. EAC 예측을 위한 산정방식

No	기존의 산정 방식
1	$EAC = ACWPc + (BACc - BCWPc / index)$
	지수(index) 지수산출식
	비용성과지수(CPI) $CPI = BCWP / ACWP$
	공정성과지수(SPI) $SPI = BSWP / BCWS$
	공정비용지수(SCI) $SCI = SPI \times CPI$
	합성지수 $CI = w1 \times CPI + w2 \times SPI$ (Composite Index) ($w1 + w2 = 1$)
출처	김선규외, EVMS 최종공사비 예측 모델 최적성과지수에 대한 고찰, 한국건설관리학회논문집, 2002. 9
2	$EAC = Costs\ to\ Date +$ Estimated Cost of Remaining Work
	$EAC = ACWPc + [(BAC - BCWPc) / Performance\ Factor(index)]$
출처	David S. Christensen, "Estimating the Cost of a Defense Contract with Performance Indices", Air Force Institute of Technology, 2002, 3.
3	1) 공정을 25%미만 : $EAC =$ 최종예산원가
	2) 공정을 25%이상 : $EAC = ACWP + (BACc - BCWPc) / CPI$
출처	배동혁외, 삼성건설 EVMS 사례, 한국건설관리학회논문집, 2000.
4	$EAC = ACWPc +$ Budgeted Cost of Remaining Work / CPI
	$= ACWPc +$ Budgeted Cost of Remaining Work / $w1 \cdot 0.8(CPI) + w2(SPI)$
	$= ACWPc +$ Budgeted Cost of Remaining Work / $CPI \times SPI$
출처	Eleanor Haupt, "Basic Earned Value Management for Program Managers", ASC/FMCE

3.2 EAC 적용 현황

현재 건설공사 수행 과정에서 EAC를 예측하여 경영자료로 활용하는 건설업체들이 증가하고 있다. 많은 건설업체에서 계획 대비 실적자료를 통해 EAC를 예측하여 매월 소장회의자료로 활용하고 있다. 그러나 EVMS와 EAC에 대한 이해가 부족하고 공식적용에 대한 불확실성과 실행내역 및 기성내역의 불일치 등으로 EAC의 정확한 예측이 어려운 문제점을 갖고 있다. 우선 EAC 예측이나 활용에 대한 문제점들을 살펴보면, 첫째 내역체계의 이원화를 들 수 있다. 발주자의 도급내역과 실행내역의 차이로 계획진도, 실행진도 및 실투입비의 연계성이 부족하다. 다음으로 프로젝트 계약방식이다. 미국의 실비생산(cost + fee)방식에서는 적용이 쉽고 합리적이지만 우리나라에서의 실적과는 차이를 가지고 있다. 마지막으로 기후

등 주변요인을 들 수 있다, 기후에 따라 공사에 영향을 미치는 등의 문제도 정확한 EAC예측에 어려움으로 작용하고 있다. 마지막으로 산출방식에 대한 불신감을 들 수 있으며 이는 3.3에서 다룬다. 이러한 특성으로 현재 국내에서는 EAC 등 성과측정방법의 활용이 거의 이루어지지 않고 있다.

3.3 기존 EAC 예측방법의 문제점

그동안 국내·외에서 제시되고 있는 EAC 예측방식은 표 4에서 제시하였다. 이 방식들을 분석해보면 모두 유사하다는 것을 알 수 있다. 공사 수행중 임의의 C점에서 예측 방식은 그 점까지의 실제 투입비 합(ACWPc)과 앞으로 투입되어질 비용(BAC-BCWPc)과의 상관관계로 나타낼 수 있다. 이때 향후 투입될 비용(BAC-BCWPc)을 어떻게 포함시킬 것인가에 대한 방법에서 주로 성과지수(Performance index)를 사용하고 있다. 성과지수에는 비용성과지수(CPI)와 공정성과지수(SPI)가 있으며, 이 성과지수를 활용하여 향후 투입될 비용(BAC-BCWPc)을 나누는 방식을 활용하였다. 그러나 완성된 부분의 성과지수가 향후 수행될 공정에 동일하게 적용하는 것은 건설 프로젝트의 특성상 문제점을 내포하고 있다. 건설 프로젝트는 여러 공종에 각각의 전문건설업체가 공사를 수행하게 되므로, 선행 공종의 성과지수를 후행 공정에 그대로 반영하는 것은 무리가 있다. 또한 공사초기에는 공정과 비용의 편차가 크게 발생되므로 이러한 결과를 이용하여 총 예상비용을 예측하는 것 역시 신뢰성이 떨어지는 것을 의미한다. 국내 건설프로젝트에서는 대부분이 총액입찰방식으로 실행내역과 도급내역이 일치되지 않는 상태에서 초기단계에서의 성과지수만을 활용하는 것도 문제점이 된다. 그리고 성과지수 적용에 있어 비용과 공정성과지수가 어떠한 상관관계를 갖고 움직이는가를 결정하는 부분도 중요한 요인이 된다.

전체공정에 지장이 없는 LST(latest start time)한계 범위 내에서 공사를 수행하는 경우에는, 공정이 지연되어도 전체공사에는 영향을 미치지 않을 수 있으므로 EAC의 증가를 고려할 필요는 거의 없다. 물론 일정 범위를 벗어나는 공기지연은 결과적으로 간접비의 증가를 초래하여 공사비 증가의 원인이 될 수 있다.

표 5. 국내·외 EAC 예측방식의 요약

No	성과지수에 의한 산정방식 정리	비고
a	$EAC = ACWPc + (BACc - BCWPc / CPI)$	표 4의 1,2,3,4식
b	$EAC = ACWPc + (BACc - BCWPc / SPI)$	표 4의 1,2,4식
c	$EAC = ACWPc + [(BACc - BCWPc) / (CPI \times SPI)]$	표 4의 1,4식
d	$EAC = ACWPc + [(BACc - BCWPc) / (w1 \cdot CPI + w2 \cdot SPI)]$	표 4의 1,4식

따라서 이러한 요인을 고려하여 공정과 비용성과지수를 적절히 조화하는 방안이 필요하다. 그러나 성과지수들을 곱하는 경우에는 총 공사비의 오차범위가 확대되는 등의 문제점을 갖고 있어 예측에 대한 신뢰도 하락을 초래할 수 있다. 국내·외적으로 제시되고 있는 방식을 정리하면 표 5와 같이 정리할 수 있다.

3.4 EAC 방법의 제안

EAC를 예측하는 기존의 방식을 건설프로젝트에 적용하기에는 앞에서 제시한 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 특히 프로젝트의 진행에 따라 동일한 방법으로 제안하는 것은 건설프로젝트의 특수성과 결과 예측의 신뢰도에 악영향을 미칠 수 있으므로 이를 프로젝트 진행별로 구분하여 제안하고자 한다.

1) 1 단계(A구역)

건설프로젝트의 특성상 초기단계인 토공사와 기초공사에서는 착공지연 등으로 공기지연이나 비용의 초과투입으로 공정성과 비용성과의 변화폭이 크므로 이러한 지수를 이용하여 비용을 산정하는 것은 불합리하다. 따라서 초기단계에서의 EAC예측은 실 투입비와 앞으로 투입되어질 비용(BAC-BCWPC)의 합으로 계산한다. 즉 초기단계의 비용증가는 초기 총공사비(BAC)에 계산시점까지의 비용편차(CV : BCWP-BAWS)의 합으로 계산한다. 현재 국내 건설업체의 EAC예측방법은 대부분 이 방법을 준용하고 있다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$EAC = ACWP + (BAC-BCWP) \quad \text{식 1.}$$

2) 2 단계(B구역)

프로젝트가 중반에 접어들게 되면 공기편차와 비용편차의 요인은 프로젝트 조직과 당해 프로젝트 관련자의 생산성에 따르게 되고, 프로젝트가 진행됨에 따라 많은 공중에 전문건설업체의 참여로 인한 실적자료의 신뢰성이 증가하게 된다. 즉, 프로젝트가 지속될수록 성과지수 활용에 보다 높은 신뢰도를 갖게 된다. 이 단계에서부터 점차적으로 성과지수를 활용하게 된다. 이를 식으로 표시하면 다음과 같다.

• B구역 : 공정율 33.3%이상 66.6%이하인 경우

$$EAC = ACWPC + (x1 \times A + x2 \times A/B) \quad \text{(식2)}$$

(단, $x1+x2=1$, $x1=1-x2$, $x2=(\text{공정율}-33.3)/33.3$,

3) 3 단계(C구역)

중기단계부터 실적자료 축적에 의한 성과지수의 신뢰도가 증가되면서 성과지수를 점차적으로 활용하게 되며, 후기단계에서는 실제투입비용(ACWP)에 비용편차를 성과지수로 나눈 값을 활용하게 된다. 즉, 미 이행공사에 대한 EAC예측은 프로젝트관련자의 관리능력과 유사공종의 공사능력을 토대로 보다 정확한 결과를 예측할 수 있을 것이다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$EAC = ACWP + [(BAC-BCWP)/w1 \times CPI + w2 \times SPI] \quad \text{식3}$$

$w1$: 프로젝트의 직접비율
 $w2$: 프로젝트의 간접비율

최종공사비의 예측을 위한 성과지수를 표현함에 있어 두 가지 변수인 비용과 공정성과의 관계를 어떻게 조합하여 신뢰도를 높일 것인가에 대한 검토가 필요하다. 비용성과지수는 주로 직접공사비의 증감과 관계를 가지게 되며, 공정성과지수는 간접비에 큰 영향을 미치게 된다. 공정편차의 결과로 야기되는 공기 지연에 의한 피해는 결국 공기지연 클레임으로 발전

되어 주로 간접비의 증가를 가져오게 된다. 따라서 성과지수를 어떻게 조합할 것인가에 대한 부분은 당해 프로젝트의 직접비율과 간접비율의 구성비에 따라 각각의 변수를 적용하는 방법을 제안한다. 식 2, 3.에서 제시되고 있는 $w1$ 과 $w2$ 는 프로젝트의 직접비율과 간접비율로 표현되며, $w1$ 과 $w2$ 의 합은 1로 표현된다.

4) 산정식의 적용

지금까지 논의된 EAC의 산정식을 보다 명확하게 표현하기 위하여 건설프로젝트의 특성과 조합시켜 3단계를 구분하여 정리하고자 한다. 프로젝트를 3단계로 구분하며 하는에는 여러 가지의 방식이 있을 수 있다. 이 연구에서 1단계라 하면 공사의 초기단계로 다양한 변수가 있는 단계이다. 주로 터파기, 파일공사, 기초공사, 지하층 골조공사와 초기 골조공사를 의미한다. 프로젝트를 시작하여 많은 변수가 있어 체계적으로 진행이 어려운 단계를 말한다. 2 단계는 프로젝트의 관련조직들이 안정되어있는 단계로 공사가 원만히 이루어지는 단계로 골조공사가 완료되고 마감이 일부 시작되어진 단계까지를 의미한다. 마지막으로 3단계는 현장이 원활히 추진되어지는 단계로 그동안 1,2단계를 통하여 안정적으로 프로젝트가 진행되는 단계이다. 이러한 단계별 특징을 고려하여 정리하면 Miller²⁾의 S-curve식으로 표현할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Miller식과 연계시켜 EAC 산정식을 제안하였다. 이를 나타내면 그림 7과 같다.

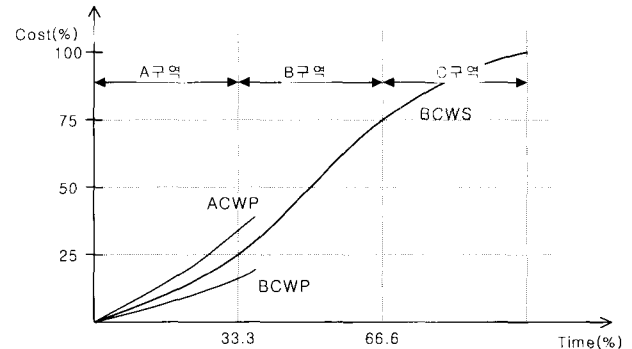


그림 7. EAC 산정방식의 개념도

4. 산정방법의 검증

기존의 총 공사비 예측방법의 문제점과 건설프로젝트의 특성을 반영하여 제안한 EAC예측식을 국내 프로젝트에 적용하여 타당성을 검증하고자 한다. 보다 정확한 검증을 위하여 프로젝트의 종류, 발주방식, 규모별 특성을 감안하여 검증하여 야하나 아직까지 실적자료의 정리가 미흡한 관계로 2002년에 준공한 2개의 프로젝트를 이용하여 적용타당성 검증하고자 한다.

4.1 개요

검증을 위한 프로젝트의 개요는 다음 표 6과 같다.

2) miller' S-curve : Robert B. Harris, Precedence and Arrow Networking Techniques for Construction, p167

A공사는 소규모 프로젝트로 공사가 계획대비 실적이 지연된 공사로 최종 공사비가 11%정도 증가되고 공기는 당초 공기를 준수한 프로젝트를 선정하였으며, B공사는 대형프로젝트로 공사비, 공정 모두 계획대비 실적을 철저히 준수한 프로젝트를 선정하였다.

표 6. 공사개요

	A공사	B공사
공사명	OO 고등학교 증축공사	OO경기장 건립공사
위치	경상남도	부산시
건축면적	354,22㎡	13,542㎡
연면적	531,19㎡	26,317㎡
공사기간	2001. 11. 1 ~ 2002. 1. 31	1999. 4. 20 ~ 2002. 8. 28
공사금액	347,534천원	63,100,000천원
최종공사금액	386,149천원	63,100,000천원

4.2 EAC 방법의 적용

EAC 적용방법은 프로젝트의 진행에 따라 25%, 50%, 75% 점을 선정하여 비교분석을 실시하였다. 현재 국내-외에서 활용되고 있는 산정식인 표 5의 4개 방식과 제안방식을 비교하였다.

1) 진도율 25%일 때 EAC 예측

진도율 25%에서의 EAC예측은 기존의 4개식과 제안식(e)을 비교하면 표 7과 같다.

표 7. 진도율 25%일 때의 예측비용

구분		A공사	B공사
a	기존산정방식	534,669	63,293,224
b		572,541	63,484,891
c		837,648	63,629,658
d		552,848	63,388,865
e	제안방식	375,604	63,340,996

2) 진도율 50%일 때 EAC 예측비교

진도율 50%에서의 EAC예측을 상호 비교한 결과는 표 8과 같다.

표 8. 진도율 50%일 때의 예측비용

구분		A공사	B공사
a	기존산정방식	463,379	63,226,579
b		446,003	63,290,314
c		532,887	63,354,304
d		454,411	63,258,415
e	제안방식	426,797	63,258,415

3) 진도율 75%일 때 EAC 예측비교

진도율 75%에서의 EAC예측 결과를 정리하면 표9와 같다.

표 9. 진도율 75%일 때의 예측비용

구분		A공사	B공사
a	기존산정방식	434,418	63,194,966
b		414,698	63,210,947
c		440,992	63,234,005
d		423,713	63,210,947
e	제안방식	429,904	63,210,947

4.3 분석결과

A와 B 공사의 성과지수에 따른 기존의 최종 공사비와 제안식을 적용한 최종 공사비의 비교는 그림 8와 같고 BAC대비 최종 공사비 예측 비율을 나타내면 표 10과 같다.

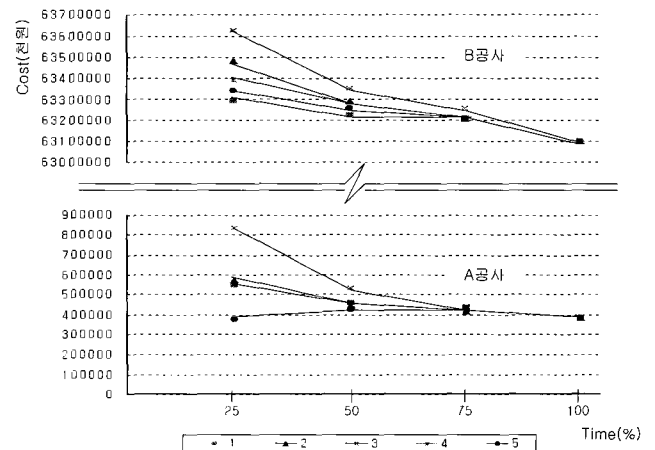


그림 11. A, B공사 EAC예측비용 비교

표 10. 계획대비 공사비 예측 비율

	25		50		75		100	
	A	B	A	B	A	B	A	B
a	153.8	100.3	133.3	100.2	125.0	100.2	111.1	100
b	164.7	100.6	128.3	100.3	119.3	100.2	111.1	100
c	241.0	100.9	153.3	100.4	126.9	100.2	111.1	100
d	159.1	100.5	130.8	100.3	124.5	100.2	111.1	100
e	108.1	100.4	122.8	100.3	123.7	100.2	111.1	100

표11은 표10에서 100%공사가 완료된 시점에서 투입된 비용을 100으로 환산하여 정리한 결과이다. 즉, 각각의 공정율에 대하여 최종예측공사비와 최종투입공사비를 비교하여 분석한 결과이다. 기존의 4가지 방식에서는 공정율 25%에서 각각의 식을 적용한 결과, A공사의 경우 기존산정방식에서는 138.4~216.9%의 차이를 보이고 있어 신뢰도를 기대할 수 없는 반면, 제안식의 경우 97.2%로 오차범위 10%이내에 들고 있다. 50%에서는 기존산정방식이 115.5~138.0%의 차이를 보였고, 제안식의 경우 110.5%를 보였다. 75%에서는 기존식과

제안식 모두 BAC 대비 107.3~114.2%로서 프로젝트 종료시점에 이를수록 높은 신뢰도를 보이고 있다. 기존의 4가지 식중에서 공정성과지수와 비용성과지수를 곱하는 방식의 경우인 c식은 그 편차가 가장 크게 나타나고 있으며, 다음으로 공정성과지수를 적용한 b식이 신뢰도가 낮은 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 최종공사비를 예측할 때 공정성과지수의 활용에 신중하여야 한다. 이처럼 공사수행지수의 변화가 심한 소규모 공사에서는 EAC의 예측결과에 변화폭이 심하게 발생되므로 기존의 산정식을 적용하는 것은 어려움이 있는 것으로 확인되었다. 그러나 B공사의 경우는 EAC 예측결과 1%미만의 정확도를 보이고 있어 높은 신뢰도를 예측할 수 있었다.

표 11. 계획대비 공사비 예측 비율

(단위 : %)

	25		50		75		100	
	A	B	A	B	A	B	A	B
a	138.4	100.3	119.9	100.2	112.6	100.2	100	100
b	148.2	100.6	115.4	100.3	107.3	100.2	100	100
c	216.9	100.9	137.9	100.4	114.2	100.2	100	100
d	143.2	100.5	117.7	100.3	112.0	100.2	100	100
e	97.3	100.4	110.5	100.3	111.3	100.2	100	100

이상의 결과를 정리해보면 기존의 산정식을 적용한 EAC에 측은 정상적으로 진행되는 공사에서는 높은 신뢰도를 보이고 있으나, 공사성과지수의 변화가 큰 공사에서는 낮은 신뢰도를 보이고 있어 예측식으로서 효과를 기대하기 어려운 것으로 분석되었다. 그러나 제안식의 경우 각각의 조건에서도 높은 신뢰도를 보이고 있는 것으로 분석되었다.

5. 결 론

본 연구는 공사수행중 성과지수를 활용하여 공사비를 예측하는 기존의 산정방식의 문제점을 분석하고, 이를 보완할 수 있는 새로운 방식을 제안하였다. 즉, 총공사비의 보다 정확한 예측을 통하여 공사수행중 비용과 공기의 문제점을 사전에 파악하고 대응할 수 있도록 하였다. 이러한 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 최종공사비 예측에 대한 기존의 식을 검토하여 문제점을 정리하였다.

둘째, 정확한 EAC 예측을 위해 공사 진행에 따라 3단계로 구분하여 개선된 식을 제안하였다. 각 단계별 식을 정리하면 다음과 같다.

- 초기단계의 산정방식은 공사 초기단계의 실제 투입된 비용과 후속작업의 BCWS를 합산하였다.

$$EAC = ACWP + (BAC - BCWP)$$

- 중기 단계에서의 예측 산정방식은 예측 시점까지의 실제투입비와 나머지공사의 BAC를 합산하였다. 이때 공사수행지수는 공정과 비용성과지수의 조합으로 구성되며, 그 비율은 점진적으로 증가시켜 적용하였다.

$$EAC = ACWPc + (x1 \times A + x2 \times A/B)$$

- 말기 단계에서는 그 동안의 공사시행의 성과지수를 적용하여 예측하도록 하였다.

$$EAC = ACWPc + (BAC - BCWPc) / 0.8CPI \times 0.2SPI$$

공사수행성과지수를 적용함에 있어 CPI와 SPI에 각각의 변수를 다르게 적용한 것은 전체공사비중 직접비와 간접비의 비율에 따르고 있다. 이상의 제안식을 적용하여 두 개의 프로젝트에 적용해 본 결과 기존식에 비해 월등한 신뢰도를 확인할 수 있었다. 특히 변수가 상대적으로 많은 소규모 공사에서도 높은 신뢰도를 확인하였다.

본 연구에서는 두 개의 프로젝트로 제한하여 검증하였으나 향후, 다양한 프로젝트에 대한 검증을 실시하여 보완함으로써 보다 간편하고 실용적인 예측식의 개발이 이루어져야 할 것이다. 또한 실적자료에 의한 내역체계의 보안으로 EVMS의 활성화에 기여하여야 하겠다.

참 고 문 헌

1. David S. Christensen, 「Estimating the cost of a defense contract with performance indices」, Air Force Institute of Technology, 2002. 3
2. David C. Bachman, 「A new definition with example」, Acquisition Review Quarterly, Fall 2001
3. Eleanor Haupt, 「Basic Earned Value Management for Program Managers」, ASC/FMCE
4. 김선규·김재준, 「EVMS 최종공사비 예측 모델 최적성과지수에 대한 고찰」, 한국건설관리학회, 2000. 9
5. 백승호 외3인, 「EVMS를 활용한 공정·공사비 통합관리 프로세스 모델」, 한국건설관리학회, 2000. 6
6. 배동혁·조창연, 「삼성건설 EVMS 사례」, 한국건설관리학회, 2000. 6
7. 임형철 외3인, 「비용-일정 통합관리를 통한 건축공사 구축」, 대림기술정보, 2002 봄호