

최종공사비 예측을 위한 성과지수 평가

Evaluating Performance Indices to forecast Estimate at Completion(EAC)

이 동 준*^o 손 보 식** 이 현 수***
Lee, Dong-Jun Son, Bo-Sik Lee, Hyun-Soo

요 약

우리나라와 미국의 건설사업 환경 및 제도가 다른 상황에서, EVMS의 도입은 적지 않은 혼란을 가져올 수 있다. 미국의 경우는 수십년간의 많은 경험을 바탕으로 EVMS를 적용하고 있으나, 국내는 이제 EVMS를 도입하고 활용하기 시작하는 단계이기 때문이다. 이에 본 연구에서는 EVMS 도입상의 문제점 중에서도 최종공사비 산정시 성과지수의 사용에 대한 문제를 다루어 보고자 한다.

본 연구에서는 국내·외의 연구에서 사용된 지수를 검증대상 지수로 보고, 이를 EVMS방식이 적용된 국내 아파트 프로젝트에 통계적으로 적용해 보았다. 이를 통하여, 국내 적용될 수 있는 지수들을 평가하고 지수들의 경향 및 특성을 파악할 수 있었다.

키워드: EVMS, 성과지수, 최종공사비에측

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

2000년 7월 1일자로 건설교통부는 비용과 일정의 계획 대비 실적을 비교하여 프로젝트의 성과를 관리하는 Earned Value Management System(EVMS)를 500억 이상 공공 건설공사를 대상으로 도입하여 철저한 공사관리가 수행될 수 있도록 제도화하였고, 최근에는 민간공사에서도 내부관리의 효율화를 위하여 건설 프로젝트에 점차적으로 적용하고 있다.

하지만 우리나라와 미국의 건설사업 환경 및 제도가 다른 상황에서, EVMS의 도입은 적지 않은 혼란을 가져올 수 있다. 미국의 경우는 EVMS의 원형이라 할 수 있는 Cost/Schedule Control Systems Criteria(C/SCSC)가 이미 1965년에 개발이 되어서 31년간의 경험을 바탕으로 실비정산 보수가산계약(Cost Plus Fee Contract) 방식에 한정하여 EVMS를 적용하고 있으나, 국내 대부분의 건설 프로젝트는 확정계약(Fixed Price Contract)방식으로 이루어지고 있는 현실을 감안할 때 미국 방식의 EVMS를 국내에 적용하

는데는 많은 문제가 발생할 가능성이 있다.

특히 최종공사비(Estimate At Completion, 이하 EAC) 산정시, 실비정산 보수가산계약 하에서는 최종공사비가 준공시점에 확정되어, 향후 투입될 사업비를 기 투입된 비용 효율로 잔여공사의 효율성을 추정하는데 반하여, 확정계약 하에서는 계약금액의 변동이 극히 작음으로 인하여 비용의 효율성보다 공정의 효율성이 잔여작업의 효율성에 더 큰 영향을 줄 수도 있다.¹⁾ 하지만 우리나라 일부 대기업에선 단순히 비용성과지수(Cost Performance Index, 이하 CPI)²⁾만을 EAC 산정시 사용함으로써 공정의 효율성을 고려하지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 최종공사비 예측에 적용될 수 있는 국내실정에 맞는 성과지수를 도출하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 EVMS 방법론을 기반으로 프로젝트 최종공사비 추정시에 국내 현실에 맞는 최적 성과지수를 산정하고 검증하는 것을 연구의 범위로 한정한다. 그러나 현실적으로 EVMS 방식의 도입 기간이 짧은 관계로 활용 가능한 데이터가 축적되고 있는 사례가 부족하다. 따라서 본 연구는 사례가 비교적 많은 아파트 공사를 대상으로 검증한다.

* 학생회원, 서울대학교 건축학과 대학원 석사과정
** 학생회원, 서울대학교 건축학과 대학원 박사과정
*** 종신회원, 서울대학교 건축학과 교수, 공학박사

본 연구는 2003년도 과학기술부의 국가지정연구실 사업에 의하여 지원되었음. (과제번호 : M10318000274-03J000010510)

1) 김선규, 김제준, "EVMS 최종공사비 예측 모델 최적성과지수에 대한 고찰", 한국건설관리학회 논문집, 제1권 제3호, 2000
2) CPI=BCWP/ACWP

하지만 본 연구에서 제시되는 방법론은 다른 공사유형에도 적용 가능할 것이다.

본 연구의 방법은 다음과 같다.

첫째, EVMS에서 공사비 예측 기법에 관한 문헌 고찰을 통하여 문제점을 파악하고, 본 연구의 필요성을 제시한다.

둘째, EAC 산정시 사용된 성과지수를 문헌을 통해 모두 조사하고 검증대상으로 삼는다.

셋째, 국내 사례를 바탕으로 각 성과지수 별 EAC 모델들을 사업단계별 오차율로써 검증한다.

넷째, 분석한 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

2 예비적 고찰

2.1 기존연구의 문제점

김선규(2000) 연구는 EAC 각 모델에 적용되는 성과지수들을 검증된 지수들로 세분화 한 후, 각 성과지수별 EAC 추정비용과 최종 실적공사비와의 오차를 사업진도에 따라 비교 분석함으로써, 성과지수에 따른 EAC 모델별 신뢰성 및 국내 공사현실에 적합한 EAC 예측모델을 제안하고자 하였다. 그러나 일반건축, 토목, 주택 등의, 공사유형이 각기 다른 5개의 프로젝트 사례를 이용하여 결론을 도출함으로써, 프로젝트를 구성하는 공종이 다르고, 공사방식 또한 틀린 프로젝트는 각기 그 특성에 맞는 고유한 성과지수를 가질 수 있다는 가능성이 무시된 결과라 할 수 있다.

강병욱(2002) 연구는 EVMS에서 최종공사비(EAC)를 예측하는데 사용되고 있는 지수중의 하나인 합성지수(Composite Index, 이후 CI)의 가중치 n, m에 대한 통계적 분석을 통하여 신뢰구간에 나타나는 합성지수를 검정하여 최종공사비(EAC)를 예측하고 있다. 그러나 이 연구는 시행 24% 시점에서 한정하여 검정한 것으로 한 시점에서의 결과를 전체 프로젝트의 성과지수로 사용하기엔 무리가 있다.

2.2 EVMS에서의 최종공사비 추정 방식

Fleming과 Koppelman(2000)은 EVM을 “상세히 작성된 작업계획에 실 작업을 계속적으로 측정하는 것으로서, 이를 통하여 프로젝트의 최종 사업 비용과 일정을 예측할 수 있도록 하는 관리 방법”이라고 정의하고 있다.

프로젝트 매니저가 프로젝트 결과로서 최종 공사비를 통계적으로 예측할 수 있는 EAC를 구하는 식은 다음과 같다.

$$\cdot EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/Performance\ Index$$

여기서 ACWP(Actual Cost for Work Performed)는 실패 투입원가, BCWP(Budgeted Cost for Work Performed)는 실질행 물량에 해당하는 예상 비용, BAC(Budgeted At Completion)는 총 사업예산을 나타내며, index는 비용성과 지수(CPI)와 일정성과 지수(Schedule Performance Index, 이하 SPI)³⁾의 적용에 따라 달라진다.

성과지수(Performance Index)는 다음과 같이 4그룹으로

분류할 수 있다.

(1) 성과측정 시점까지의 비용의 집행정도에 따라 남아 있는 작업이 기 집행된 부분의 비율과 같이 진행된다고 가정할 때 (Cost Performance Index)

$$\cdot EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/CPI$$

(2) 성과측정 시점까지의 공정진행 정도에 따라 남아 있는 작업이 기 집행된 부분의 비율과 같이 진행된다고 가정할 때 (Schedule Performance Index)

$$\cdot EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/SPI$$

(3) 비용/일정지수가 EAC에 최대한의 영향을 준다고 가정할 때 (Composite Index, Schedule-Cost Index)

$$\cdot EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/(CPI \times SPI)$$

(4) 비용/일정지수가 적절히 배분되었다고 가정할 때 (Composite Index, Weighted index)

$$\cdot EAC=ACWP+(BAC-BCWP)/(n \times CPI+m \times SPI), n+m=1$$

2.3 검증대상 성과지수 선정

2.2절에서 언급된 4그룹의 성과지수(index)를 기본적으로 검증하여야 하나, 합성지수(Composite Index)의 가능한 가중치의 조합으로 무한한 수의 EAC모델이 나오기 때문에 이는 불가능하다. 또한 이러한 문제에 따른 국외의 연구에도 어떤 그룹의 지수를 사용해야 하는지에 대한 명확한 규정도 없는 상태이다(Christensen, 1993). 따라서 본 연구에서 과거 국내·외의 연구에서 사용된 성과지수가 가장 신뢰성 있는 것으로 가정하고, 이를 선정하여 검증하는 것으로 한다. 본 연구에 포함된 모든 검증 대상은 표 1과 같이 총 17가지의 지수가 된다.

표 1. 본 연구의 검증대상 성과지수

검증 대상 지수	정의
CPI1	당월 CPI
CPI3	3개월 평균 CPI
CPI6	6개월 평균 CPI
CPI12	12개월 평균 CPI
CPIC	누적 CPI
SPI1	당월 SPI
SPIC	누적 SPI
SCIC	누적 CPI×누적 SPI
nCPIC+mSPIC	n+m=1인 9가지 조합

3. 최적 성과지수 선정

3.1 국내 프로젝트의 개요

본 연구는 성과지수 검증을 위하여 과거 국내에서 EVMS 방식이 적용된 11개 프로젝트를 조사하였다. 아래 표 2는 11개 프로젝트의 대략적인 개요이다. 대상 프로젝트는 공사유형에 따라 프로젝트의 고유한 최적 성과지수를 가질 수 있다는 가능성을 고려하여, 아파트 공사를 대상으로 하였다. 또한 장소와 시간의 변화에 따른 오차를 줄이기

3) SPI=BCWP/BCWS

BCWS(Budgeted Cost for Work Scheduled)는 특정 시점까지 투입 계획된 예산을 의미함.

위해서 프로젝트 대상을 수도권에서, 2002년에서 2003년 사이에 완공된 아파트 현장으로 OO건설에서 시공한 11개 프로젝트로 한정하였다.

표 2. 11개 아파트의 개요

프로젝트	공사기간	건축규모	공사금액(원)
A	01.03.20~03.06.30	지하2층, 지상8층	27,380,037,000
B	01.03.05~03.06.28	지하3층, 지상24층	52,040,396,700
C	01.03.03~03.06.24	지하2층, 지상19층	70,180,848,000
D	00.10.26~02.12.30	지하2층, 지상17층	29,035,000,000
E	00.10.17~03.06.28	지하2층, 지상23층	158,101,650,000
F	00.08.17~02.12.15	지하1층, 지상24층	20,492,485,000
G	00.08.12~03.02.28	지상24~25층	58,108,000,000
H	00.05.17~03.06.27	지하2층, 지상25층	70,856,491,323
I	00.05.01~02.10.31	지하1층, 지상22층	20,120,965,000
J	00.04.25~02.11.30	지하2층, 지상24층	91,161,450,000
K	99.08.05~02.06.30	지하2층, 지상27층	176,663,746,606

3.2 최적 성과지수 선정

(1) 오차율 산정

성과지수 평가를 위하여 11개 프로젝트의 월별 EAC를 예측하고, 이를 실적공사비와 비교하여 오차율로서 성과지수를 평가한다. 월별 EAC예측은 2.2절의 EAC 산정식에 검증대상 성과지수를 각각 대입하여 구하며, 아래 산정식을 통하여 실적공사비와의 월별 오차율을 구한다.

$$U_M = \frac{EAC_M - ACWP_F}{ACWP_F} \times 100$$

여기서 U_M 은 월별오차율을, EAC_M 은 월별 EAC를, $ACWP_F$ 는 최종실적공사비를 나타낸다.

(2) 사업단계 구분

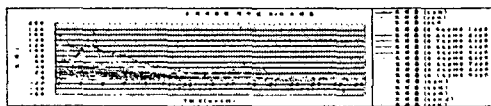


그림 1. B 아파트의 성과지수별 EAC 월별오차율

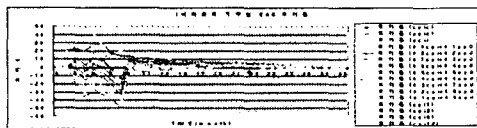


그림 2. I 아파트의 성과지수별 EAC 월별오차율

그림 2와 그림3은 4.2절 (1)의 월별오차율 산정식을 통하여 11개의 대상 아파트 공사 중 B와 I 아파트의 성과지수별 EAC 월별오차율을 나타낸 그래프로, 대표적으로 나타나는 2가지 형태를 보여준다. 그림 2의 사업초기 단계는 공사비가 초과되고 공기가 지연되는 경우로, $CPI < 1$, $SPI < 1$ 인

경우를 보여주고 있다. 이와 대조적으로 그림 3은 공사비가 절감되고 공기가 단축되는 경우로, $CPI > 1$, $SPI > 1$ 인 경우이다. 그래프의 형태상으로는 상반되게 나타나지만, 각 성과지수별 오차율의 크기 순서는 같다는 결과를 볼 수 있다. 이는 프로젝트의 성과측정 결과에 상관없이, 프로젝트를 구분하지 않고 성과지수를 평가할 수 있음을 나타낸다.

대체적으로 11개의 대상 아파트 공사들은 공기진행율 약 30% 시점에서 오차율과 변동폭이 크게 줄어드는 것으로 나타났으며, 80% 시점을 전·후로 모든 성과지수의 오차율이 3%아래로 떨어지는 것으로 나타났다. 이러한 경향을 바탕으로 표 3과 같이 사업단계를 3단계로 구분할 수 있다.

표 3. 아파트 공사의 사업단계 구분

사업단계	정의
0% ~ 30% (사업초기)	오차율 및 오차의 변동폭이 큰 단계
30% ~ 80% (사업중기)	오차율이 대략 10%미만으로 유지되고 변동폭이 안정되는 단계
80% ~ 100% (사업완료)	오차율이 대략 3%미만으로 유지되고 변동이 거의 없는 단계

(3) 사업단계 별 평균 오차율 산정

표 3의 사업단계를 바탕으로 각 프로젝트의 사업단계별 오차율을 산정하게 된다. 산정식은 다음과 같다.

$$U_E = \frac{\sum_{M=1}^n |U_M|}{n}$$

여기서 U_E 는 평균오차율을, n 은 사업단계에 포함된 달의 수를 나타낸다.

위 식을 바탕으로 각 프로젝트마다 사업단계에 따른 성과지수별 평균오차율을 구한 뒤 11개 프로젝트의 사업단계별 평균오차율을 산정한다. 결과는 아래 표 4와 같고 오차가 작은 지수일수록 타당도가 높다.

표 4. 11개 프로젝트 사업단계에 따른 성과지수별 평균오차율

성과지수별 평균오차율	사업초기	사업중기	사업완료
오차율(CPI_c)	8.89	4.04	1.86
오차율(SPI_c)	50.39	6.36	1.77
오차율(SCL_c)	52.98	6.10	1.66
오차율($0.9CPI_c + 0.1SPI_c$)	7.63	3.63	1.83
오차율($0.8CPI_c + 0.2SPI_c$)	8.16	3.33	1.79
오차율($0.7CPI_c + 0.3SPI_c$)	9.44	3.29	1.77
오차율($0.6CPI_c + 0.4SPI_c$)	11.30	3.40	1.75
오차율($0.5CPI_c + 0.5SPI_c$)	13.67	3.64	1.73
오차율($0.4CPI_c + 0.6SPI_c$)	16.56	4.01	1.72
오차율($0.3CPI_c + 0.7SPI_c$)	20.17	4.47	1.73
오차율($0.2CPI_c + 0.8SPI_c$)	25.10	5.03	1.74
오차율($0.1CPI_c + 0.9SPI_c$)	32.83	5.66	1.76
오차율(CPI_1)	12.89	4.63	2.53
오차율(CPI_2)	9.72	4.14	1.84
오차율(CPI_3)	12.58	3.97	1.85
오차율(CPI_4)	9.64	3.97	1.84
오차율(SPI_1)	64.97	20.02	5.14

아래 표 5는 사업단계별 각 성과지수의 표준편차로 지수들의 신뢰도의 기준이 될 수 있다. 즉 프로젝트의 수가 11개로 같으므로 표준편차가 작은 지수가 신뢰도가 높다.

표 5. 표본의 사업단계 별 성과지수의 표준편차

성과지수별 표준편차	사업초기	사업중기	사업완료
CPI _c	5.10	4.21	2.46
SPI _c	80.96	4.56	2.51
SC _c	80.85	4.77	2.39
0.9CPI _c +0.1SPI _c	3.74	4.03	2.47
0.8CPI _c +0.2SPI _c	2.94	3.86	2.49
0.7CPI _c +0.3SPI _c	4.60	3.58	2.50
0.6CPI _c +0.4SPI _c	7.65	3.32	2.50
0.5CPI _c +0.5SPI _c	11.55	3.15	2.51
0.4CPI _c +0.6SPI _c	16.41	3.12	2.51
0.3CPI _c +0.7SPI _c	22.67	3.24	2.51
0.2CPI _c +0.8SPI _c	31.37	3.53	2.51
0.1CPI _c +0.9SPI _c	45.58	3.97	2.51
CPI ₁	5.49	4.01	2.48
CPI ₂	4.28	4.27	2.20
CPI ₃	12.13	4.35	2.18
CPI ₁₂	5.73	4.17	2.23
SPI ₁	70.18	12.61	3.37

아래 표 6과 7은 성과지수의 타당도와 신뢰도를 각각 5 순위까지 나열한 것이다.

표 7. 사업단계 별 성과지수의 타당도 순위

순위	사업초기	사업중기	사업완료
1	0.9CPI _c +0.1SPI _c	0.7CPI _c +0.3SPI _c	SC _c
2	0.8CPI _c +0.2SPI _c	0.8CPI _c +0.2SPI _c	0.4CPI _c +0.6SPI _c
3	CPI _c	0.6CPI _c +0.4SPI _c	0.5CPI _c +0.5SPI _c
4	0.7CPI _c +0.3SPI _c	0.9CPI _c +0.1SPI _c	0.3CPI _c +0.7SPI _c
5	CPI ₁₂	0.5CPI _c +0.5SPI _c	0.2CPI _c +0.8SPI _c

표 8. 사업단계 별 성과지수의 신뢰도 순위

순위	사업초기	사업중기	사업완료
1	0.8CPI _c +0.2SPI _c	0.4CPI _c +0.6SPI _c	CPI ₃
2	0.9CPI _c +0.1SPI _c	0.5CPI _c +0.5SPI _c	CPI ₁
3	CPI ₃	0.3CPI _c +0.7SPI _c	CPI ₁₂
4	0.7CPI _c +0.3SPI _c	0.6CPI _c +0.4SPI _c	SC _c
5	CPI _c	0.2CPI _c +0.8SPI _c	CPI _c

사업초기에는 0.9CPI_c+0.1SPI_c와 0.8CPI_c+0.2SPI_c가 타당도와 신뢰도가 높은 지수로 나타났다. 사업중기 단계에는 타당도와 신뢰도의 차이가 비교적 적어서, 지수를 상대적으로 평가하긴 어렵지만 대체적으로 합성지수들이 타당도와 신뢰도가 높은 지수로 나타났고, 사업완료단계에서는 SPI₁을 제외한 모든 지수의 오차율과 표준편차가 낮아서 상대적 평가가 큰 의미가 없는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구의 성과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 국내에 환경에 사용될 수 있는 성과지수는 사업초기에는 0.9CPI_c+0.1SPI_c와 0.8CPI_c+0.2SPI_c가, 중기에는 합성지수가, 완료단계에서는 상대적 평가가 큰 의미가 없는 것으로 나타났다.

(2) 본 연구 결과, 잔여작업에 비용의 효율성뿐만 아니라 공정의 효율성도 프로젝트에 많은 영향을 주며, 프로젝트 후반부로 갈수록 공정의 영향도가 커진다.

(3) 11개의 프로젝트만으로 성과지수를 평가하여 일반화하기에는 부족하지만, 아파트 공사에 EVMS를 도입할 경우의 대체적 지수 경향을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 강병욱 외 3인, "신뢰구간상에서 EVMS 성과지수모델의 검정에 관한 연구", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2002
2. 김선규, 김재준, "EVMS 최종공사비 예측 모델 최적성 과지수에 대한 고찰", 한국건설관리학회논문집, 제1권 제3호, 2000
3. 김우철 외 8인, 현대통계학, 영지문화사, 2001
4. 김영 외 3인, "EVMS 도입한 공정의 성과지수 분석", 한국 건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2002
5. 노형진, SPSS/Amos에 의한 사회조사분석, 형설출판사, 2002
6. 박은진 외 2인, "EVMS에서 최종예산공사비(EAC) 평가방법에 관한 검증", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2002
7. Bachman, David C., "Single Point Adjustments : A New Definition with Examples", Acquisition Review Quarterly, 2001
8. Christensen, David S., "Project Advocacy and the Estimate at Completion Problem", Journal of Cost Analysis, 1996
9. Christensen, David S., "Determining an Accurate Estimate at Completion", Journal of National Contract Management, 1993
10. Fleming, Quentin W. and Koppelman, Joel M., Earned Value Project Management, PMI., 2000

Abstract

Using EVMS can probably cause lots of confusion under the different systems and different circumstances of the construction industry between Korea and The United States, because The United States has wide experience in applying to EVMS during several decades but Korea has not. Therefore this research deals with the problem about Performance Indices in forecasting EAC(Estimate at Completion) among the problems of using EVMS.

A target index of testing in this research is the Performance Indices used in the research at home and abroad in the past and those is applied to APT projects within the country with statistical method. Through this method, we can catch the tendency and the properties of the Performance Indices for applying to Korea.

Keyword: EVMS, Performance Index, Estimate at Completion(EAC)