

4D CAD 활용을 통한 공정-원가 통합 시스템

Earned Value Management Systems Using 4D-CAD

박지호^O 정영수^{**} 김성모^{***}
Park, Ji-Ho Jung, Young-Soo Kim, Sung-Mo

요 약

최근 공정관리와 원가관리의 중요도 인식에 기인하여 공정/원가 통합관리 및 공정정보와 3차원 설계정보를 연계한 4차원 설계 정보 연구가 활성화되고 있다. 공정과 원가를 통합할 수 있는 EVMS의 관리적 효과와 도형정보와 공정관리를 통합을 통하여 일정관리의 편의 및 효율을 극대화 하는 4차원 CAD(4D CAD)의 시각적 효과를 통합하는 4D-EVMS는 프로젝트 관리의 중요한 도구가 될 수 있다. 이러한 맥락에서, 본 연구의 목적은 발주자 공정/원가 통합관리를 위한 기본요건 도출 및 구현방안 제시에 있다. 이러한 연구의 결과물은 발주자 공정/원가관리의 업무효율 증대뿐만 아니라 실적자료 축적 및 홍보 관점에서도 기대효과를 가질 수 있을 것으로 판단된다.

키워드: 공정-원가 통합, 4D-CAD(Four Dimensional CAD), EVMS,

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설사업의 구성원인 발주자는 조직목표 및 경영정책에 따라 건설 사업 관리 업무기능을 수행하게 된다. 이러한 건설 프로젝트 수행 과정상의 여러 가지 업무기능 중, 공정관리와 원가관리는 다양한 조직의 발주자에게 공히 중요한 관심분야이며, 관리목적에 따른 다양한 관리 방법이 개발되어 현장에서 활용되고 있다. 또한, 프로젝트 정보 활용의 관점에서, 원가관리와 공정관리에서 발생하는 자료는 그 활용 빈도가 타 업무기능에 비하여 높다. 한 연구에서 국내 건설기업의 업무기능별 자료의 활용빈도를 조사한 바, 원가관리와 공정관리가 타 업무에 비해 각각 25%와 10% 이상 높게 나타내고 있는 결과(Jung and Gibson 1999)가 이를 뒷받침한다.

이렇듯 공정관리와 원가관리의 중요도 인식에 기인하

여 최근 공정/원가 통합관리(Earned Value Management System, EVMS) 및 공정정보와 3차원 설계정보를 연계한 4차원 설계정보(Four Dimensional CAD, 4D CAD) 연구가 활성화 되고 있다. EVMS는 통합된 관리단위로 공정과 원가를 관리할 수 있다는 점에서 그 관리적 효과를 제공하며, 4D CAD는 시각적 정보 활용의 극대화를 추구함으로써 현재 시점에서 시설물 완료 상태에 대한 불확실성과 공정 수준의 오류 및 작업 공간 활용에 따른 생산성 효과 등을 시각적으로 제공해 준다.

그럼에도 불구하고, 기존의 EVMS 또는 4D 연구 중, 발주자 측면의 활용방안 제시, 활용성 진단을 연구한 사례는 매우 드물었던 것이 사실이다. 더욱이 발주자 사업관리요건을 반영한 4D CAD의 활용성 제고방안을 고찰한 문헌은 없는 상황이다.

이러한 맥락에서, 본 연구의 목표는 발주자 공정/원가 통합관리(EVMS)를 위한 요건 및 방안을 도출하고, 4D의 기능 및 효과와 연계하여 효율적인 발주자 4D 기반 EVMS 모델을 제시함에 있다

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구를 위해 우선 발주자의 건설 사업 업무 기능 중 공정관리와 원가관리의 목표를 도출하기 위해 설문 조사를 실시하였으며, 설문조사와 문헌조사를 바탕으로 4D 기

* 학생회원, 명지대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
** 종신회원, 명지대학교 건축공학과 조교수, 공학박사
*** 일반회원, (주) 코아텍 기술연구소 이사

본 논문은 2002년도 산업자원부 지원 "건축공사 시행자용 시각적 공사관리 중심의 업무지원 시스템 (과제번호10006288)" 연구과제 결과물의 일부임.

반 EVMS 요건 및 구현 방안을 도출하고, 이를 위한 시스템 모델을 개발하였다.

2 공정관리 및 원가 관리 요건 분석

본 연구는 발주자의 공정/원가관리의 목적 및 기본 요건을 파악하기 위해 국내 발주자 조직을 대상으로 설문 실시하였으며, 설문대상 조직은 민간기업, 공기업 그리고 지방자치단체 등 발주 업무를 수행하는 43개 조직을 임의로 선정하였다. 최종적으로 14개 조직이 응답(응답률 33%)을 하였으며, 부실한 응답 3개를 제외한 11개의 응답을 대상으로 발주자 조직의 공정/원가 관리의 목표를 조사하였다. 응답자의 수가 제한적임으로 사례분석의 의미로 해석되어야 한다.

2.1 공정관리

공정관리는 예정된 공정표와 실제 진척된 공정상황을 비교, 분석하여 공사의 진행을 관리하는 업무를 의미한다. 이러한 공정관리는 사업 전반에 걸친 세부 업무를 정의하고 업무의 순서와 관계를 설정하고 소요기간을 추정하여 일정계획과 일정관리를 통해 진행된다.(이복남, 정영수, 1999) 이러한 공정관리는 건설 사업에서의 성과 측정을 위한 가장 중요한 요소이기도 하다.

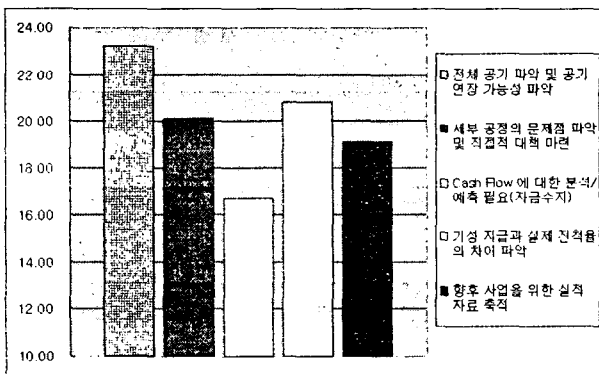


그림 1. 발주자의 공정관리 목표

설문 결과 발주자가 요구하는 공정관리의 가장 큰 목적은 전체 공기 파악 및 공기 연장 가능성을 파악함으로써 전체 공사기간을 추정하기 위함(23.2%)으로 조사되었으며 다음으로 기성 지급과 실제 진척율의 차이를 파악하기 위함(20.8%), 그리고 세부 공정의 문제점 파악하고 직접적인 대응책 마련(20.1%)등의 순인 것으로 조사되었다(그림.1)

즉, 기성과 실제 진척율을 파악하여 전체 공사의 완료 시점과 공기의 연장 가능성을 예측하고, 세부 공정의 문제점을 파악하는 것을 가장 필요로 함을 알 수 있다.

2.2 원가관리

원가관리는 주어진 예산과 일정을 토대로 건설공사가 원만히 진행되고 예산의 집행이 계획대로 이루어져 품질, 원가, 공기 등의 목표를 성공적으로 달성할 수 있도록 제반 자원의 소요 비용을 효율적으로 관리하고 통제하는 것을 의미하며, 원가절감 측면뿐만 아니라 진도 관리와 자금 관리의 측면에서도 중요한 의미를 갖는다. 효과적인 원가관리를 위해서는 단순 과거 실적의 축적, 보고가 아닌 해당 프로젝트의 원가 목표 설정, 목표 달성의 상황 파악, 그리고 완료 시점까지의 원가 예측을 통해 필요한 개선계획과 조치를 취하는 관리 활동이어야 한다.

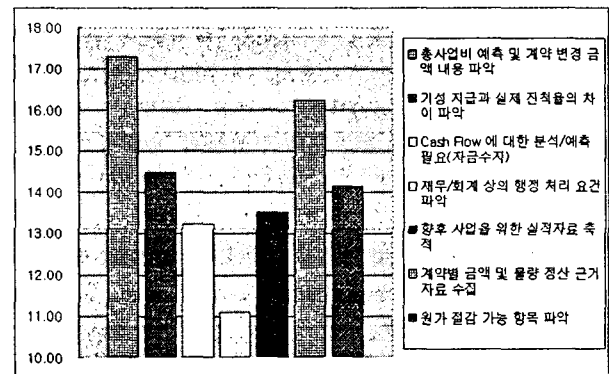


그림 2. 발주자의 원가관리 목표

발주자가 대체적으로 요구하는 원가 관리의 기본요건으로는 총 사업비 예측과 계약 변경 금액 내용 파악을 통한 전체 공사비의 관리(17.3%), 계약별 금액 및 물량 정산 근거자료 수집(16.2%)이 주된 요건이라고 조사되었다.(그림.2)

즉, 발주자의 측면에서 볼 때 원가관리의 주요 관점은 사업비 관리와 사업비 절감의 측면에서 볼 수 있다. 사업비 관리는 프로젝트 전체 사업비를 조정하고, 기성대비 공사의 진행되는 상황을 감독, 관리를 뜻하며, 사업비의 절감은 VE를 활용하여 전체 사업비를 절감하거나 LCC를 파악하여 전체 프로젝트 사업비 총액을 절감하려는 노력을 의미한다.

3. 4D CAD 연구 동향

4D CAD는 기존의 2차원 공정표와 3차원 도면이 연계되어 공사 경과 기간에 다른 시설물의 완성상태를 VR(Virtual Reality)기술 등으로 구현하는 방법으로써, 공정표의 시간 개념과 3D 형태의 설계도면이 통합 구현되는 시스템이다.(강인석, 2002) 즉, 기존의 공정관리를 위해 사용되던 2차원적 도구에 시간의 개념이 더해져서 공사 진행 상태를 시각적으로 표현하여 주는 도구를 의미한다.

IT 기술의 발전과 더불어 건설 공사에 컴퓨터를 활용한 공사 전체 및 공정 관리가 점차 증가하고 있으며, 이에 따라 관련 연구 또한 기존 단순 그래픽 정보만을 제공하던 3D CAD의 한계점을 벗어나 기존 CAD 자료와 데이터의

공유 및 통합을 통한 4D CAD 활용과 효율적이고 과학적인 공사관리를 통한 공정관리 및 건설 생산성 향상에 초점이 맞추고 있다. 이러한 연구 동향을 요약하면 다음과 같다.

최근의 한 연구(이재철, 2002)에서는 4D 모델이 단순한 3D 그래픽 이상의 의미를 갖기 위해서는 3D 객체 모델을 통해 설계 및 시공 정보를 통합적으로 관리할 수 있는 객체 라이브러리의 선행 구축을 주장하고, 실제 수행중인 초고층 프로젝트에 객체 라이브러리를 이용해 3D 모델링하고 이를 4D CAD로 구현함으로써 객체 라이브러리의 효율성과 정형화된 연계 과정의 타당성을 확인하였다. 또 설계단계에서 발생하는 CAD 및 공정계획 정보를 기반으로 설계 단계에, 건축물의 예상되는 지하공사 간섭상황을 도출해 봄으로써 지하공사의 비효율적 요소를 제거하고 건축공사 생산성 향상을 도모한 연구(조훈희 외, 2001)의 예도 있다. 한편, 강인석(강인석, 2002)은 기존에 개발된 4D CAD System의 기능분석을 통한 4D 구현상의 문제점과 향후 구성방향을 제시하였으며 4D CAD의 이론적 구성 및 시스템 구현 방법을 제시하였다.

Mckinney & Fischer의 연구(1998)에서는 AutoCAD, Primavera, Jacobus, Simulation Toolkit and Walkthru와 같은 4D CAD 구현에 사용되는 여러 개의 소프트웨어 기능의 통합적용을 통한 4D application 구현의 최적화와 4D + x 모델의 제안하였으며, Akinci(2000) 등은 시간(time)과 공간(space)의 간섭을 해결하기 위한 공간 계획 방안으로 4D를 제안하였다.

또한, 4D CAD 연구에서 가장 널리 인용되고 있는 한 연구(B.S. Koo & Martin Fischer, 2000)에서는 CPM

networks, 바 차트(bar charts)와 같이 유용한 공사 일정 관리 도구로서의 4D CAD를 하여 사례분석을 통한 4D CAD의 문제점 및 가능성, 그리고 발전방향을 분석하고 있다.

4. 발주자 4D-EVMS 시스템

앞서 제시한 선행 연구 분석에서 볼 수 있듯이 많은 연구에서 4D CAD를 현장에 적용하고자 하는 노력들이 꾸준히 이루어졌다. 하지만 이러한 관련 연구에도 불구하고 국내의 4D CAD는 정보의 통합 시스템 운용상의 어려움과 기존 3D 모델과 공정 정보의 연계 작업의 부족으로 인해 활용도는 낮은 상태이다. 뿐만 아니라 대부분의 선행 연구들이 통합 데이터베이스를 구축한 후, 이 데이터베이스 시스템과 CAD 시스템을 연계시킨 시스템 개발에 국한되어 있어, 결과적으로 실제적인 사용에는 많은 전제조건이 필요하며, 실제적인 효율성이 문제시되고 있는 실정이다(조훈희 외, 2001).

이러한 4D CAD와 공정/원가 통합시스템의 효율성을 제고하고자 본 연구에서 제안하는 4D-EVMS 시스템의 기본 목표는 다음과 같으며, 이는 앞서 서술한 발주자 공정/원가관리의 필요 요건에 의하여 도출되었다. 첫째, 상위 레벨의 관리단위(Control Account)를 활용함으로써 전체 EVMS 시스템의 현장 활용성을 높임과 동시에 발주자 공정관리의 주요 목적인 '전체 공기파악 및 공기연장 가능성 파악'과 원가관리의 주요목적인 '총사업비 예측 및 계약변경 금액 내용 파악'을 용이케 한다. 또한, 공정/원가 통합 및 시각화를 통하여 '기성지급과 실제 진척율' 차이 파악

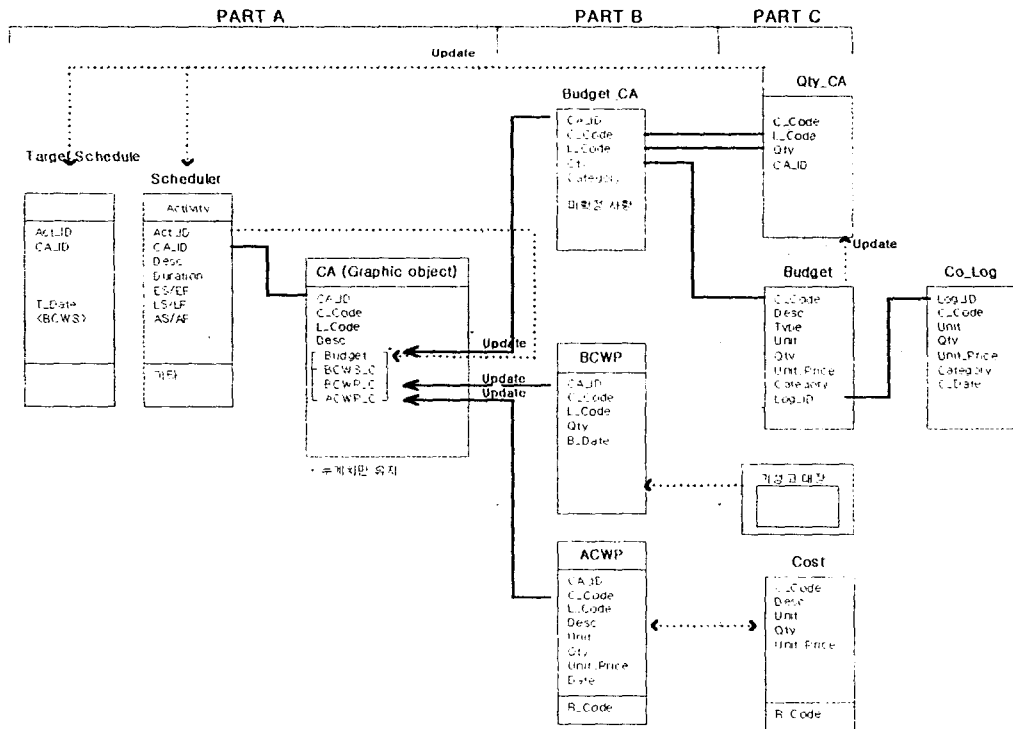


그림 3. 4D-EVMS ER-Diagram 개념도

을 지원한다. 둘째, 상기의 목적을 달성하기 위하여 공정/원가의 상세자료를 4D-EVMS 시스템으로부터 분리한다, 즉, 관리단위는 요약자료만을 유지하고, 상세자료는 분리된 시스템에서 유지하도록 하며, 정기적인 요약자료 갱신을 통하여 관련시스템과의 연계성을 확보하도록 한다. 또한, 관리단위에 입력되는 요약자료는 수작업 또는 다른 업무기능에 의해서도 갱신될 수 있는 시스템 구조를 갖도록 함으로써, 관련 시스템의 운영상 문제가 4D-EVMS 운영에 주는 영향을 최소화 시키도록 한다.

이러한 두 가지 목표를 충족하기 위한 4D-EVMS의 기본 구조는 <그림 3>의 Entity-Relationship (ER) 개념도와 같이 표현될 수 있다. <그림 3>에서 관리단위인 CA 테이블은 도형 시뮬레이터 프로그램 내부의 도형개체 (Graphic Object) 내에 정의하여 관리단위 별 예산금액, 예정진도, 실적진도(기성고), 투입원가의 누계치 자료만을 유지한다. 따라서, 필요 시 도형 시뮬레이터 상에서 빠르고 정확하게 현재(Reporting Date)까지의 공정차이, 원가차이와 더불어 총예산과 총 공기의 변경예측까지 파악이 가능하게 된다.

<그림 3>에서 관리단위(CA) 왼쪽에 보이는 두 개의 Entity는 CPM 기능에 의한 Table들이다. 이 중, Schedule로 명명된 Table에서는 CPM 고유기능에 의하여 각 Activity(CA와 동일)의 일정계산과 더불어 선후행 Activity와의 상호관계를 연산된 자료를 갖는다. 또한 Target Schedule로 명명된 Table은 초기 진도곡선으로서 계획공정 자료를 보관한다. 초기 진도곡선은 당초 목표 계획으로서 금액보합에 의한 단위기간별 예정진도 (Budgeted Cost Work Scheduled, BCWP)를 Field 중의 하나로 갖고 있으며, 이 값은 경미한 설계변경 시에는 갱신하지 않도록 한다. 이는 연산부하를 줄이는 일 뿐 아니라, 초기 설정 공정 계획을 중요시 하는 관리목적과도 부합한다. 중대한 변경사항 발생경우, 내부 의사결정에 따라 이 Target Schedule를 갱신하고 이전 자료도 함께 유지한다. 시스템 구조 상, CA, Schedule, 그리고 Target Schedule의 세 가지 Entity는 도형 시뮬레이터 내부 자료로 존재하도록 설계하였으므로 (<그림 3>상의 A Part) 시스템의 Integrity가 높으며 외부 시스템의 영향에서 독립적으로 운영됨으로써 그 안정적 활용성을 높일 수 있다.

다음으로는 관리단위(CA)에 예정진도(BCWS), 실적진도(BCWP-Budgeted Cost Work Performed), 그리고 투입원가(Actual Cost Work Performed)를 갱신하도록 유지하여 주는 원가관리 시스템 부분으로서 <그림 3>상의 B Part로 표기되어 있다. 이 부분은 기본적으로 A Part의 CA Entity에 정기적으로 자동 자료갱신을 하여주는 역할을 한다. 별개의 프로그램으로 개발되어 독립적으로 운용될 수도 있도록 한 것은 B Part에 의한 결과치의 직접입력과 함께 수작업에 의한 보완이 가능도록 하기 위함이다. 즉, BCWP 및 ACWP의 일부 항목이 특정사유로 인하여 분개 또는 집계되기 어려운 경우, 이러한 일부에 의하여 전체 현황 파악이 어려운 일이 발생하는 것을 방지하기 위한 구조이며, 또한 A part의 Scheduler를 통하여 개별 Activity 상에서 직접

진도율에 의한 기성고 입력이 가능케 할 수도 있는 장치가 된다. 즉, 다양한 방법으로 입력이 가능케 함으로써 시스템의 활용도를 높일 수 있다. 마지막으로, 내부 공정/원가 관리 시스템 또는 내부 EVMS 시스템을 보유하고 있는 발주자 조직의 경우에는 B Part의 기능과 상쇄될 수 있는 부분이다. 즉, 이러한 발주자 조직에게는 B Part만을 제공함으로써 효과를 높일 수 있다. B Part의 모든Table은 반드시 공중 코드(C_code)와 시설, 층, 공구 등의 구분코드(L_Code)에 의하여 분개된 형태로 유지되어야 하며, BCWP와 ACWP는 단위기간별(예, 월별) Record를 갖는 것으로 정의하였다.

마지막으로 C Part 또한 A 및 B Part와는 분리된 시스템으로 구성하였다. 이는 A와 B Part가 서로 분리된 시스템의 이유와 유사한 목적을 갖는다. 본 시스템의 특징은 이러한 단절된 구조의 유연성(Flexibility)을 통하여 발주자 관리요건을 만족시킨다는 점에 있다. 또 한가지 특징은 EVMS에 중요요소로서 설계변경 이력관리에 중점을 둔 점이다. 즉, C Part의 CO_Log Table은 설계변경에 따른 내역변경을 수시로 관리하는 구조를 갖고 있으며, 이는 곧바로 Budget Table과 Qty_CA Table을 통하여 관리단위(CA)의 Budget까지 갱신하게 된다 (변경 확정분 및 미확정분 포함 관리). 이를 통하여 발주자 원가관리의 주요 목표인 '총사업비 예측 및 계약변경 금액 내용 파악'을 시각적으로 표현하여 줄 수 있다. 특히, 변경 금액의 비중 및 중요성 등을 몇 가지 다른 색으로 표시함으로써, 시각적 효과에 의한 관리용이성을 더욱 높일 수 있다.

5. 결론

건설 프로젝트 수행 과정상의 여러 가지 업무 중 공정과 원가 관리는 다양한 조직의 발주자에게 공히 중요한 관심사이며 이에 대한 다양한 관리방법이 개발 및 사용되고 있다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 우선, 발주자 측면에서의 공정관리와 원가관리의 목표를 도출하고 이를 바탕으로 하여 4D를 기반으로 하여 공정/원가를 통합된 관리단위로 관리하는 4D-EVMS 시스템의 효용성 및 활용방안을 제시하였다. 발주자 공정/원가관리의 필요요건에 의하여 도출된 4D-EVMS 시스템의 기본 목표는 첫째, 상위레벨의 관리단위를 활용함으로써, 전체 EVMS 시스템의 현장 활용성을 높임과 동시에 실문을 바탕으로 한 공정/원가의 목적을 충족시킴에 있다. 둘째, 상기의 목적을 달성하기 위해 공정/원가의 상세자료는 4D-EVMS 시스템으로부터 분리하여 관련 시스템의 운영상 문제가 4D-EVMS 운영에 주는 영향을 최소화 시키도록 함에 있다.

이러한 시스템은 필요에 따라 조합하여 활용할 수 있으므로, 각기 다른 조직과 특징을 가지고 있는 발주자에게 효과적으로 적용할 수 있으며, 발주자 공정/원가관리의 업무효율 증대뿐만 아니라 실적자료 축적 및 홍보 관점에서도 기대효과를 가질 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 강인석 (2002), 건설관리분야 4D 시스템의 기능 분석을 통한 활용성 개선방안, 대한건축학회 논문집 18(10), pp.85-92.
4. 문지용, 박현석, 정영수 (2000), 공정/원가 통합 관리 활성화 방안, 한국건설산업연구원.
2. 이복남, 정영수 (1999), 건설사업관리의 업무 기능과 역할 분담, 정책연구 99-05, 한국건설산업연구원.
6. 이재철 (2002), 4D 시뮬레이션을 위한 객체 라이브러리의 정의 및 구현, 대한건축학회 논문집, 18(3), pp.149-156.
3. 이현수, 김동진 (1998), EV 개념에 근거한 건설공사의 비용, 일정 통합관리, 대한건축학회지. 42(6), pp.17-22.
7. 조훈희, 권오성, 서장우 (2001), 4차원 4D 기반의 지하공사 간섭 관리 시스템 개발, 대한건축학회 논문집, 17(9), pp. 225-232.
9. B. Akinci, M. Fischer, R. Levitt, R. Carlson, (2000), Formalization and Automation of Time-Space Conflict Analysis, CIFE Working paper #59, Stanford University.
10. B.S. Koo, M. Fischer (2000), Feasibility study of 4D CAD in Commercial Construction, Journal of Construction Engineering and Management, 126(4), pp.251-260.
5. Jung, Y. and Gibson, G.E. (1999). "Planning for Computer Integrated Construction", Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE, 13(4), pp. 217-225.
8. K. McKinney, M. Fischer, (1998), Generating, evaluating, and visualizing construction schedules with CAD tools, Journal of Automation in Construction, 7(6), pp.433-447.

Abstract

Cost and schedule are the major concerns for the successful construction project management. The four dimensional CAD (4D CAD) integrating graphical data and scheduling data has also been an area of research interests for improving construction controls. In order to achieve the benefits from these areas in an integrated way, this study proposes a 4D-EVMS system for the owners. Managerial requirements for cost and schedule control for the owners are identified first. A 4D-EVMS model is then proposed which provides functional flexibility in order to enhance the efficiency of the system. Lessons learned and practical implications are briefly summarize

Keywords : Cost, Schedule, 4D-CAD, EVMS,
