3D/4D CAD를 통한 시설물 생애주기 관리 유용분야 도출

3D/4D CAD Applicability for Life Cycle Facility Management

박 정 준*, 김 창 윤**, 김 형 관***
Jungjun Park, Changyoon Kim, Hyoungkwan Kim

요 약

지난 20년간 3D/4D CAD에 관한 연구는 시설물 생애주기의 설계, 시공단계를 중심으로 활발히 진행되어 왔지만 시설물 생애주기 전반에 걸쳐서 3D/4D CAD의 유용성에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 설계, 시공단계에 국한하지 않고 시설물 생애주기 동안의 3D/4D CAD 사용에 따른 유용성을 도출하기 위하여 현재 상용화된 소프트웨어를 사용하여 3D/4D CAD 모델을 생성하였다. 생성된 모델과 기존의 시설물 생애주기 관리 방법을 기반으로 전문가와 포커스 그룹 인터뷰를 실시하여 그 결과를 바탕으로 155명의 시설물 생애주기 관련 업무 수행자들의 설문조사를 통해 3D/4D CAD를 통한 시설물 생애주기 관리 유용성을 도출하였다.

키워드: 3D/4D CAD, 시설물 생애주기, 포커스 그룹 인터뷰

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

미국 조달청(GSA, General Service Administration)에서는 2003년 National 3D-4D-BIM 프로그램을 설립하였다. 미국 조달청(GSA)에서는 30개의 프로젝트에서 3D/4D CAD의 사용을 지원하였으며, 현재 진행중인 35개의 프로젝트에서 BIM(Building Information Modeling)을 적용하였다. 미국 조달청(GSA)에 따르면 3D/4D의 시각화, 시뮬레이션, 최적화, 협의의 기능으로 발주자, 설계자, 시공자의 요구사항을 효과적으로 만족시킬 수 있다고 하였다. 현재는 2D에서 3D/4D로 진보하는 과도기에 있으며, 회계연도 2007년부터 미국 조달청(GSA)에서 발주하는 대형 프로젝트에 있어서는 3D/4D의 사용을 의무적으로 하고 있으며, 같은시기의 미국 조달청(GSA) 프로젝트의 경우 3D/4D의 사용을 권장하고 있다(GSA, 2007).

시설물 생애주기(Life Cycle)는 시설물의 계획에서부터 설계, 시공, 유지보수 및 철거의 전과정을 이루는 용어이다. 3D/4D CAD는 시설물 생애주기 전반에 걸쳐 무한한 적용가능성을 가지고 있지만 현재의 3D/4D CAD관련 연구는 시설물 생애주기의 설계, 시공 단계를 중심으로 수행되어 설계, 시공단계에서의 3D/4D CAD사용에 따른 이점이 많이 제시되었지만, 시설물 생애주기(Life Cycle)전반에 걸쳐서 3D/4D CAD의 유용성 도출에 관한 연구는 아직 수행되고 있지 않다. 향후 BIM(Building Information Modeling)의 적용을 위해서는 시설물 전 생애주기 단계에서의 3D/4D CAD의 사용이 요구되어질 것이며, 이에 따라 시설물 전 생애주기 단계에서의 3D/4D CAD의 유용성 도출이 필요하다.

본 연구에서는 3D/4D CAD의 시설물 생애주기 전반에 걸친 활용가능성을 배경으로 3D/4D CAD가 실질적으로 시설물 생애주기 관리에 있어서 어떤분야에서 유용한지를 도출하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 시설물 생애주기의 효율적 관리를 위해 3D/4D CAD를 사용하였을 때의 시설물 생애주기 전 단계에서의 관리 유용성을 도출하는 것을 연구의 범위로 한다.

연구의 방법은 이론적 고찰, 3D/4D CAD를 통한 시설물 생애주기 관리의 유용분야 도출, 결론순으로 진행되었다.

* 일반회원, 연세대학교 토목환경공학과, 석사과정
park-pjj@hanmail.net
** 일반회원, 연세대학교 토목환경공학과, 박사과정
changyoonkim@yonsei.ac.kr
*** 종신회원, 연세대하교 사회환경시스템공학부 조교수, 공학박사
hyoungkwan@yonsei.ac.kr

2. 이론적 고찰

2.1 3D/4D CAD 기존 연구 고찰

지난 20년간 3D/4D CAD에 관한 연구가 활발히 진행되었다. 1996년 미국 스탠포드 대학교의 CIFE(Center for Integrated Facility Engineering)을 중심으로 진행된 3D/4D CAD와 관련한 연구는 시설물 생애주기에서 시공단계를 중심으로 3D/4D CAD의 무한한 가능성을 제고하였으며, 비슷한 시기에 전 세계에서 3D/4D CAD에 관한 연구가 수행되었다. 수행된 연구는 주로 3D/4D CAD의 구현에 관한 연구와 이를 실제 건설산업에 적용하였을때의 이점에 관한 연구가 주로 수행되었다.

3D/4D CAD 구현과 관련된 연구로 McKinney와 Fischer(1998)은 AutoCAD와 D++을 이용하여 CIFE 4D CAD를 개발하였다. Wang 등(2004)은 일정과 3D CAD를 연계해주는 4D CAD 소프트웨어인 4DSMM+(4D Site Management Model+)를 개발하였다. Chau 등(2005)은 4DSMM+에서 자원관리가 업그레이드된 4D CAD 구현 소프트웨어인 GUPSU(Graphic for Construction and Site Utilization)을 개발하여 실제 홍콩에서의 건설 프로젝트에 적용함으로 인해서 공사진행과정의 시각화를 통해 시공상황에서의 공사 관계자들의 협업능력증대와 자원관리 및 효율적 작업공간 관리가 가능함을 확인하였다. 같은 시기에 Ma 등(2005)은 프로젝트 일정, 3D 모델, 자원, 공사현장 상황을 연계하는 4D CAD 구현 소프트웨어인 4D-ISPS(4D Intergrated Site Planning System)을 개발하였다. Mallasi(2006)는 CSA(Critical Space-time Analysis)개념을 사용하여 프로젝트 액티비티간의 공간간섭의 최소화를 목적으로 4D CAD 구현 도구인 PECASO(Patterns Execution and Critical Analysis of Site-space Organisation)을 개발하였다. Dawood와 Mallasi(2006)은 실제 프로젝트에 PECASO를 적용하여 프로젝트 수행시 액티비티간의 간섭을 최소화하고, 전문가 7명과의 인터뷰를 통해 PECASO의 유용성을 검증하였다. Huang 등(2007)은 4D CAD 시스템의 구현, 공종간섭 및 프로젝트의 시각화, 자원배분최적화를 위한 4D CAD 소프트웨어인 CVP(Construction Virtual Prototyping) 시스템을 개발하였다. Li 등(2008)은 CVP를 실제 건설 프로젝트에 적용하여 시공성 검토, 건설 리스크의 조기 파악 등에 유용함을 검증하였다.

3D/4D CAD 적용에 관한 연구로 Koo와 Fischer(2000)는 프로젝트에서 4D CAD를 사용함으로 인해서 공사 관계자들이 프로젝트를 이해하기가 용이하고, 액티비티의 디테일 수준 결정이 가능하며, 공정상의 오류를 파악하는 등의 4D CAD를 실제 프로젝트에 적용하였을때의 시공상의 이점에 관하여 연구하였다. Heesom과 Mahdjoubi(2004)은 기존 연구를 바탕으로 4D CAD의 활용분야를 시각화 분야, 공정 모델링 및 분석 분야, 공사참여자간의 의사소통 및 협업분야로 나누어 정리하였으며, 향후 4D CAD의 연구분야로 단순 애니메이션이 아닌 세부적 모델링, 데이터의 상호 호환, 3D 모델과 WBS(Work Breakdown Structure)의 자동연계, 4D와 지리정보시스템과 같은 다른 시스템과의 연계 등을 제안하였다. Vries와 Harink(2007)는 객체 기반의 3D 모델 생성을 통하여 인접객체의 시공순서에 따른 주공정생성으로 공기의 최적화에 관한 연구를 수행하였다. Hartmann과 Fischer(2007)는 시공성 검토 과정에서 3D/4D CAD 모델이 공사참여자들의 프로젝트에 대한 이해를 증진시키고, 공사참여자들간의 의사소통 수단으로서 사용될 수 있음을 밝혔다. Jongeling 등(2008)은 4D CAD를 통해서 공정간의 간섭을 피하고, 잠재적인 리스크를 해결할 수 있다고 주장하였다.

이상과 같이 3D/4D CAD에 관한 연구는 주로 4D CAD 구현 소프트웨어의 개발과 설계, 시공단계에서의 3D/4D CAD 적용에 따른 프로젝트 수행시의 효율증진에 관한 연구가 주로 수행되었으나 아직까지 시설물 전 생애주기 단계에 3D/4D CAD를 적용하여 3D/4D CAD가 시설물 전 생애주기에서 어떻게 유용하게 사용될 수 있는지에 관한 연구는 수행되지 않았다.

2.2 시설물 생애주기 관리 방법 고찰

시설물 생애주기란 시설물의 계획에서부터 설계, 시공, 유지관리 및 철거에 이르는 총 과정을 뜻하는 용어로서 시설물의 생애주기 비용은 시설물의 생애주기 동안 발생하는 총 비용을 뜻한다. 전통적으로 건설산업에 투입되는 비용은 건설사업비에 국한되어 이해되는 것이 일반적인 경향이나 건설사업비는 시설물 생애주기에 투입되는 총 비용과 비교하여 일부에 불과하고, 사업 완료 후의 유지보수 비용이 대부분 건설사업비를 초과함으로 시설물의 유지관리까지를 포함한 생애주기 관리가 필수적이다. 이에 따라 정부에서는 지난 1999년 "공공건설사업 효율화 종합대책"을 통해 설계금액 500억 이상 대형 SOC사업의 경우 타당성 조사 및 기본설계단계에서부터 생애주기비용분석을 의무화하였으며, 2002년부터 이를 공공사업 전반에 확대 적용하기로 하였다(조달청 2007). 하지만 기존 시설물 생애주기 관리는 대부분 각 생애주기 단계별로 관리 주체가 다르며, 각 단계간의 공통된 관리자의 부재로 시설물 생애주기 관리의 효율성이 떨어졌다.

프로젝트의 계획단계는 타당성 평가를 바탕으로 프로젝트의 수행 가능 여부를 판단하고, 프로젝트의 범위를 여러 대안을 통해 구체화 하는 단계이다(강인석 2008). 현재 계획단계를 관리하는 대표적인 방법은 타당성 평가이나 타당성 평가시 가용 정보의 부족으로 인해서 비용 및 노선산정의 비 현실성이 문제시 되고 있다.

시설물 생애주기 관리에서 설계관리는 주로 설계도서를 검토하는 업무를 의미한다. 설계도서의 검토에서 2D CAD 설계 도면의 검토를 인력으로 실시함으로 인해서 도면오류를 완전히 찾아내는 것이 불가능하며, 공사현장의 미고려로 시공성을 무시한 설계도서의 작성이 일반적이다.

기존 시설물 생애주기 관리의 시공단계에서는 주로 바차트와 CPM(Critical Path Method) 및 2D CAD 도면을 가지고 시설물의 시공을 관리하고 있다. WBS(Work Breakdown Structure) 작성시 많은 시간과 인력이 소요되

며, WBS의 공간적 표현 결여로 시공진행에 따른 공정의 오류가 발생할 확률이 크다.

유지관리 단계에서는 현재 도면과 시방서를 기본으로 하는 시설물 유지관리는 적은 인력으로 방대한 규모의 시설물을 돌아다니며 제대로 관리하기에는 절대적인 어려움이 있으며, 건축물의 생애주기 상에서 발생되는 정보의 교류 및 활용에 있어서도 문제점을 가지고 있다. 또한 현재의 도면과 시방서를 통해서 유지관리 단계에서 얻을 수 있는 정보는 한정적이며, 시설물의 종합적인 관리에서 필요한 정보의 취합이 정보 발생단계에서 이루어지지 않은 실정이다 (전익성 외 3인, 2004)

문헌고찰을 통한 기존 시설물 생애주기 관리 방법과 문제점을 표 1에 정리하였다.

표 1. 기존 시설물 생애주기 관리방법 및 문제점

구분	관리방법	문제점
계획	-사업타당성 평가	- 공사비 선정의 비 현실성(곽수남 등, 2007)
설계	-설계도서의 검토	- 공종별 도면 생성의 다원화 - 2차원 도면으로 복잡한 형상의 설계 한계(장세준 등, 2007) - 인력 중심으로 설계도서의 오류 발생 - 공사현장 미고려로 시공성을 무시한 설계(이재철, 2004))
시공	-바차트, CPM을 이용한 시공관리 -2D CAD 도면을 이용한 시공관리	- WBS 작성시 인력/시간 과다 소요(Chau 등, 2005) - WBS의 공간 표현 결여로 공정 오류 발생(Chau 등, 2005) - 설계단계 미 참여로 인한 시공계획의 미비(조훈희 등, 2001)
유지관리/철거	-준공도면과 시방서를 통한 관리	- 생애주기 단계별 정보의 공유 부족(전익성 등, 2004) - 설계 및 시공단계 미 참여로 인한 유지관리 효율 저하(전익성 등, 2004)
생애주기	-없음	- 각 단계별 참여자간의 공통된 의사소통 수단의 부재(조훈희 등, 2001)

3. 3D/4D CAD를 통한 생애주기 관리 유용분야 도출

본 장에서는 상용 프로그램을 사용하여 3D/4D CAD 모델을 생성 하였다. 생성된 모델과 2장에서 도출한 시설물 생애주기 관리 방법 및 문제점을 근간으로 하여 시설물 생애주기 관련 참여자들과 포커스 그룹 인터뷰를 통해 3D/4D CAD가 시설물 생애주기 관리에 있어서 유용하게 사용될 수 있는 분야를 도출하였다. 도출결과의 검증을 위하여 시설물 생애주기 전 참여자들에게 설문을 실시하였다.

3.1 3D/4D CAD 모델 생성

기존의 4D CAD 모델을 생성하기 위해서는 3D CAD 도구(AutoCAD, MicroStation, Jacobus 3D Model 등), 공정관리도구(Primavera, MSProject 등), 도면과 공정을 연계하는 도구(Schedule Simulator, Schedule Review, 4D-Planner 등), VRML(Virtual Reality Modeling Language) 구현도구(Cosmo, Superscape 등)이 필요하였다 (강인석, 2002). 본 연구에서는 기존의 4D CAD 생성과는 다르게 객체 기반의 3차원 모델을 생성하는 Autodesk사의 AutoCAD Revit Architecture Suite 2008과 NavisWorks사의 JetStream v5.5 2개의 상용화된 프로그램을 이용하여 4D CAD 모델을 생성하였다.

3.2 포커스 그룹 인터뷰

연구에서 생성한 새로운 3D/4D CAD 모델과 2장에서 도출한 생애주기 관리 방법 및 문제점을 근간으로 하여 3D/4D CAD를 통한 시설물 생애주기 관리 유용분야를 도출하기 위하여 질적연구 방법인 포커스 그룹 인터뷰를 실시하였다.

포커스 그룹 인터뷰는 생애주기 관리 업무를 담당하는 평균경력 19년의 전문가 8명을 대상으로 실시하였으며, 도출된 유용분야는 계획, 설계, 시공, 유지보수/철거, 생애주기로 구분하였다. 표 2는 포커스 그룹 인터뷰 결과 도출된 3D/4D CAD를 통한 시설물 생애주기 관리 유용분야를 나타낸다.

표 2. 시설물 생애주기 관리 유용분야

구분	시설물 생애주기 관리 유용분야	코드
계획	- 개략예산의 산정	a1
	- 건설부지의 검토	a2
	- 개략적인 조감도 작성 및 검토	a3
설계	- 도면작성의 편리성	b1
	- 정확한 도면의 작성	b2
	- 물량정보 작성	b3
	- 공종간의 협의(토목, 건축, 기계, 전기)	b4
	- 참여자간의 협의(발주자, 계약자)	b5
	- 구조계산	b6
	- 도면작성 후 오류 검토	b7
	- 설계도서의 관리	b8
	- 시공성 검토/검증	b9
	- 현장 샵 드로잉의 감소	b10
	- 적정 공기의 산출	b11
시공	- Shop Drawing 작성	c1
	- 부재간의 간섭 파악	c2
	- 작업공간의 검토	c3
	- 공법의 검토 및 선정	c4
	- 완료 후 시설물 시각화	c5
	- 물량산출	c6
	- 안전사고 예방	c7
	- 설계변경	c8
	- 4D CAD 구현으로 공정관리	c9
	- WBS작성 인력/시간 절감	c10
	- 적정 공기의 검토	c11
	- 계획공정과 실제공정의 비교	c12
	- 3D 설계 및 4D CAD 구현으로 시공순서의 검증	c13
	- 가상 Mock-up으로 시공오류의 감소	c14
유지관리/철거	- 관리대상 시설정보의 신속한 검색	d1
	- 밸브 및 장비 등의 정확한 형상 파악	d2
	- 작업계획을 위한 공간 정보 파악	d3
생애주기	- 시설물 생애주기 단계별의사소통	e1
	- 공종별 의사소통	e2
	- 시설물 관련 데이터 구축	e3
	- 기존 시설물별 정보의 공유	e4

3.3 설문조사 수행

포커스 그룹 인터뷰는 대표적인 질적연구수행 방법으로서 연구결과가 대표성이 없는 표본으로부터 얻은 결론이기 때문에 나타날 수 있는 일반화 문제에 주의 하여야 한다. 본 연구에서는 포커스 그룹 인터뷰 결과의 검증 및 3D/4D CAD의 시설물 생애주기 관리에서의 어느 분야에서 유용한지 정확하게 도출하기 위해서 시설물 생애주기 관련 업무 수행자를 대상으로 설문을 실시하였다. 설문은 포커스 그룹 인터뷰 결과를 바탕으로 리컬트 7점 척도를 사용하여 작성하였으며, 생애주기 관리에서의 중요도와 3D/4D CAD를 사용하였을때의 생애주기 관리 유용성을 묻는 35가지 문항으로 구성하였다.

설문지는 200부를 배포하고 155부를 회수하여 77.5%의 회수율을 보였으며, 분야별로는 계획 15명, 설계 22명, 시공 76명, 유지관리/철거 42명이 설문에 응답하였다.

3.4 설문결과 분석

설문의 내적 신뢰성을 나타내는 크론바하 알파 값은 중요도 0.967, 유용성 0.970으로 전체적으로 크론바하 알파 값의 기준값인 0.6이상으로서 신뢰도는 양호한 것으로 검정되었다.

시설물 생애주기 관리 생애주기별 설문결과는 다음 표 3과 같다. 중요도의 경우 설계, 생애주기, 시공, 유지관리/철거, 계획순으로 중요하다고 나타났으며, 유용성의 경우 설계, 생애주기, 유지관리/철거, 시공, 계획의 순으로 유용하다고 나타났다. 건설 프로젝트의 수행이 구체화 되는 단계이며, 설계단계의 경우 실질적으로 시공 및 유지관리/철거 단계에까지 큰 영향을 미치기 때문에 설계분야가 생애주기 관리 중요도 및 유용성이 가장 높게 나타난 것으로 분석된다. 계획분야의 경우 원가-영향도 곡선 상으로 시설물 생애주기에서 원가에 비해 영향도는 가장 크지만, 계획단계에서는 건설 프로젝트가 구체화 되지 않아 중요도 및 유용성이 낮게 나타난 것으로 분석된다.

표 3. 시설물 생애주기 관리 생애주기별 설문결과

구분	코드	중요도 평균	유용성 평균
계획	a1, a2, a3	5.20	5.15
설계	b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7, b8, b9, b10, b11	5.41	5.38
시공	c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7, c8, c9, c10, c11, c12, c13, c14	5.23	5.22
유지관리 /철거	d1, d2, d3	5.22	5.25
생애주기	e1, e2, e3, e4	5.37	5.35

항목별 설문결과는 다음 표 4와 같다. 설문 분석 결과 대체로 시설물 생애주기 관리에서의 중요도가 높은 항목에서 유용성 또한 높게 나타났다. 생애주기 관리에서의 중요도가 높은 상위 3개 항목은 정확한 도면의 작성(5.86), 완료 후 시설물 시각화(5.71), 공종간의 협의(5.58)로 나타났다. 유용성이 높은 상위 3개 항목은 완료 후 시설물 시각화(5.83), 정확한 도면의 작성(5.78), 공종간의 협의(5.60)순으로 나타났다. 중요도 및 유용성 상위 3개 항목은 건설 프로젝트 관리에 있어서 가장 중요하지만 실제 프로젝트 수행중의 문제점이 많이 나타나는 부분으로서 3D/4D CAD를 사용하였을 때 유용성이 가장 높게 나타난 것으로 보아 건설 프로젝트 관리에 있어서 3D/4D CAD의 활용 가능성이 높다고 할 수 있다.

표 4. 시설물 생애주기 관리 문항별 설문결과

코드	중요도 평균	중요도 순위	유용성 평균	유용성 순위
a1	5.01	33	4.88	35
a2	5.20	24	5.04	31
a3	5.39	10	5.53	5
b1	5.51	5	5.60	4
b2	5.86	1	5.78	2
b3	5.26	18	5.19	22
b4	5.58	3	5.60	3
b5	5.32	12	5.33	15
b6	5.46	9	5.42	9
b7	5.51	7	5.40	10
b8	5.39	11	5.36	12
b9	5.51	6	5.50	6
b10	5.18	26	5.11	28
b11	4.97	35	4.90	34
c1	5.15	30	5.14	26
c2	5.27	17	5.32	16
c3	5.27	16	5.37	11
c4	5.26	19	5.23	20
c5	5.71	2	5.83	1
c6	5.25	20	5.15	25
c7	5.11	32	4.92	33
c8	5.28	15	5.22	21
c9	5.24	21	5.23	18
c10	5.18	27	5.09	30
c11	4.99	34	4.96	32
c12	5.15	29	5.10	29
c13	5.24	22	5.31	17
c14	5.19	25	5.19	23
d1	5.14	31	5.23	19
d2	5.21	23	5.18	24
d3	5.31	13	5.35	14
e1	5.16	28	5.12	27
e2	5.30	14	5.35	13
e3	5.55	4	5.48	7
e4	5.47	8	5.44	8
평균	5.30		5.28	

생애주기 관리에서의 중요도가 낮은 3개 항목은 적정 공기의 산출(4.97), 적정 공기의 검토(4.99), 개략예산의 산정(5.01)순으로 나타났으며, 유용성이 낮은 3개 항목은 개략예산의 산정(4.88), 적정 공기의 산출(4.90), 안전사고 예방(4.92)순으로 나타났다. 시설물 생애주기 관리에서 중요도가 낮게 나타난 3개 항목은 공기의 경우 올림픽, 월드컵 등 일정 기간내에 사업을 완수해야만 하는 특수 프로젝트를 제외하고는 그 중요도가 낮은 항목이며, 개략예산 산정의 경우 계획단계에서의 예산 산정의 부정확성으로 인하여 중요도가 낮게 나타났다. 유용성이 낮은 3개 항목중 공기와 관련된 항목은 중요도가 낮게 나타난 이유와 같으며, 안전사고예방의 경우는 현재의 3D/4D CAD의 모델링 수준이

낮기 때문인 것으로 분석된다. 향 후 3D/4D CAD의 모델링 수준이 실제 건설 프로젝트 진행 상황을 모두 표현할 수 있는 수준으로 향상되면 해결될 것으로 예상된다.

4. 결론

본 연구에서는 시설물 생애주기 관리에서의 3D/4D CAD의 유용성을 도출하기 위하여 상용 프로그램을 활용하여 3D/4D CAD 모델을 생성하였으며, 생성된 모델을 바탕으로 시설물 생애주기 관리 전문가 8명과의 포커스 그룹 인터뷰를 통하여 3D/4D CAD를 통한 시설물 생애주기 관리 유용성을 도출하였다. 도출된 결과의 일반화를 위하여 시설물 생애주기 관리 관련 업무수행자 155명의 설문을 통하여 그 중요성과 유용성을 도출하였다.

본 연구를 통해 얻은 결과로는 생애주기 단계별 중요도 및 유용성은 프로젝트가 구체화 되고, 시공, 유지보수/철거 단계에까지 영향이 큰 설계단계가 가장 큰 것으로 분석되었으며, 전체 설문항목 분석 결과 시설물 생애주기 관리 중요도가 높은 항목과 비례하여 3D/4D CAD의 유용성 또한 높게 나타나 3D/4D CAD의 사용이 시설물 생애주기 관리에 있어서 활용 가능성이 큰 것으로 도출되었다.

본 연구는 3D/4D CAD의 시설물 생애주기 관리 유용성을 도출한 것이므로, 향후 연구에서는 3D/4D CAD를 전 생애주기를 고려한 실제 프로젝트 적용을 통하여 경제성 판단 등 정량적 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Bauke de Vries, Jeroen M.J. Harink, 2007, "Generation of a construction planning from a 3D CAD model", Journal of Automation in Construction, Vol. 16, pp 13-18
2. Bonsang Koo, Martin Fischer, 2000, "Feasibility study of 4D CAD in commercial construction", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 126(4), pp 251-260
3. David Heesom, Lamine Mahdjoubi, 2004, "Trends of 4D CAD applications for construction planning", Journal of Construction Management and Economics, Vol. 22, pp 171-182
4. GSA, 2007, "BIM Guide Overview", GSA
5. H.J. Wang, J.P. Zhang, K.W. Chau, M. Anson, 2004, "4D dynamic management for construction planning and resource utilization", Journal of Automation in Construction, Vol. 13, pp 575-589
6. Heng Li, Ting Huang, C.W. Kong, H.L. Guo, Andrew Baldwin, Neo Chan, Johnny Wong, 2008, "Integrating design and construction through virtual prototyping", Journal of Automation in Construction, Vol. 17, pp 915-922
7. Kathleen McKinney, Martin Fischer, 1998, "Generating, evaluating and visualizing construction schedules with CAD tools", Journal of Automation in Construction, Vol. 7, pp 433-447
8. K.W. Chau, M. Anson, J.P. Zhang, 2005, "4D dynamic construction management and visualization software: 1. Development", Journal of Automation in Construction, Vol. 14, pp 512-524
9. Nashwan Dawood, Zaki Mallasi, 2006, "Construction workspace planning: Assignment and analysis utilizing 4D visualization technologies", Journal of Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 21, pp 498-513
10. Rogier Jongeling, Jonghoon Kim, Martin Fischer, Claudio Mourges, Thomas Olofsson, 2008, "Quantitative analysis of workflow, temporary structure usage, and productivity using 4D models", Journal of Automation in Construction, Vol. 17, pp 780-791
11. Timo Hartmann, Martin Fischer, 2007, "Supporting the constructability review with 3D/4D models", Journal of Building Research and Information, Vol. 35, pp 70-80
12. Ting Huang, C.W. Kong, H.L. Guo, Andrew Baldwin, Heng Li, 2007, "A virtual prototyping system for simulating construction processes", Journal of Automation in Construction, Vol. 16, pp 576-585
13. Zaki Mallasi, 2006, "Dynamic quantification and analysis of the construction workspace congestion utilising 4D visualisation", Journal of Automation in Construction, Vol. 15, pp 640-655
14. Zhaoyang Ma, Qiping Shen, Jianping Zhang, 2005, "Application of 4D for dynamic site layout and management of construction projects", Journal of Automation in Construction, Vol. 14, pp 369-381
15. 강인석, 2002, "건설관리분야 4D시스템의 기능분석을 통한 활용성 개선방안", 대한건축학회논문집, 18권 10호, pp 85-92
16. 강인석, 문현석, 박서영, 2008, "건설공사 진행단계별 4D CAD시스템의 적용방법론 및 프로세스 모델 구성", 대한건축학회논문집, 제24권 제7호, pp 127-134
17. 곽수남, 김두연, 한승헌, 2007-11, "대표물량을 활용한 도로공사 개략공사비 산정모델 프레임워크", 한국건설관리학회 학술발표대회논문집, pp 607-612
18. 이재철, 2004, "4D 모델의 활용성 향상을 위한 3D 모델 정보 기반 공정 자동생성 및 물량산출 모듈 개발", 대한건축학회논문집, 20권 2호, pp 15-22
19. 장세준, 윤석헌, 윤준선, 백준홍, 2007, "현장 Mock-up의 BIM 기반 시뮬레이션 기법 적용성 분석 연구", 대한건축학회논문집, 제23권 제10호, pp 131-138
20. 전익성, 손정락, 김경숙, 김재준, 2004, "Life cycle management를 활용한 공공시설 유지관리 시스템 개선 방안", 한국건설관리학회논문집, 제5권 제2호, pp 55-63
21. 조달청, 2007, 총 생애주기비용(LCC)평가기준 모델 연구
22. 조훈희, 권오성, 서장우, 김재엽, 강경인, 2001, "4차원 CAD 기반의 지하공사 간섭관리 시스템 개발 연구", 대한건축학회논문집, 17권 9호, pp 225-232

Abstract

For the past two decades, 3D/4D CAD research has been mainly focused on the design and construction phase of a facility life-cycle. However, there has been a general notion that the strength of 3D/4D CAD lends itself to other phases such as planning, operation and maintenance. In this research, a 3D/4D CAD model was generated in a commercial software platform. Then, the traditional life cycle facility management procedures are reviewed to see any possible improvement opportunity with the 3D/4D CAD model as an example. A focus group interview, in conjuction with an extensive literature review, produced the list of area where 3D/4D CAD model could significantly benefit the traditional life cycle facility practices. Finally, a questionnaire-based survey was conducted with 155 respondents to statistically verify the feasibility of 3D/4D CAD for life cycle facility management.

Keywords : 3D/4D CAD, Life Cycle, Focus Group Interview