

건설시설물 공정정보 시각화를 위한 4D CAD시스템의 개발 및 적용사례 분석

Development and Case Study of 4D CAD System for Visualizing Schedule Data of Construction Project

강인석[†] · 윤선미^{*} · 권중희^{*} · 문진석^{*}

Leen-Seok Kang · Seon-Mi Yun · Jung-Hui Kwon · Jin-Seok Mun

Abstract

Recently, various 4D CAD systems for visualizing construction schedule data are being developed. Specially, in case of railway project, the numerical information of progress data should be changed with visualized data by long construction section because the railway project consists of long length in construction site. This study suggests a case study of development of 4D CAD system for visualizing schedule information and the major functions of developed system are verified by railway project. The detailed application procedure of 4D CAD system including input data for a railway project is described in the study. The practical application of 4D CAD system can be improved in railway project by these demonstration researches.

Keywords : 4D CAD System, WBS, Schedule Data, 3D Model, VR (Virtual Reality)
4D CAD 시스템, 공통정보코드, 가상현실

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

분리된 도면정보와 일정정보를 통해 수행되는 건설프로젝트의 관리는 각각의 개별적인 정보를 통합적으로 연계하여 관리해야 하기 때문에 많은 시간과 노력을 필요로 한다. 특히 초대형프로젝트의 수많은 공정과 도면을 수작업으로 관리하는 것은 사실상 불가능하며, 이를 해결 하기 위한 방안으로 건설프로젝트의 일정과 도면정보를 동시에 시각화하여 관리하는 4D CAD 시스템의 운영이 대안으로 제시되고 있다. 또한 가상공간에서 설계정보 등을 3차원으로 시각화하여 시공상 문제점을 사전에 확인하도록 하는 가상현실(Virtual Reality, VR) 기법도 기존의 수치적 공사관리의 효율적 대안이 될 수 있다.

4D CAD 시스템과 VR시스템은 복잡하고 다양한 대형건설프로젝트의 효율적인 관리를 가능하게 한다. 특히 4D CAD 시스템은 현재 국내에서 3D CAD로 설계된 건설공사

의 도면파일을 해외 4D CAD 시스템에 연동하여 시뮬레이션으로 구현하려는 시도도 증가하고 있다. 그러나 3D로 설계된 파일의 호환성 부족과 4D 객체 구성을 위한 일정정보와의 연계성 확보를 위하여 데이터를 가공하는 작업을 필요로 한다. 또한 다수의 공정으로 인한 3D 객체 구성의 복잡성, 프로그램 기능의 어려움 및 공정시각화 기능의 단순함 등이 기존 유사 체계에서 문제점이 되고 있으며, 이로 인하여 4D CAD의 활용성이 제약이 갖게 된다. 이러한 점의 개선을 위해서는 4D CAD 시스템의 개별적 기능들을 실제 프로젝트에 적용하여 단계별 운영절차와 활용상 문제점의 분석이 필요하다. 즉, 사례 프로젝트에 직접 4D 및 VR시스템을 적용함으로써 운영상 문제점을 실무적으로 파악하고 이에 대한 개선방안도 도출될 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 국내 철도교량공사를 대상으로 일정생성 단계부터 4D CAD 시뮬레이션 구현까지 각 단계를 상세히 분석하여 단계별 절차를 간편화할 수 있는 개선방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 또한 설계단계 4D활용성 제고를 위하여 VR기반 설계조감도에서 3D파일의 임포트(Import)기능에 의한 설계정보 활용성 증대방안을 검증한다.

[†] 책임저자 : 정회원, 경상대학교 토목공학과, 공학연구원 교수
E-mail : Lskang@gnu.kr
TEL : (055)753-1713 FAX : (055)753-1713
^{*} 비회원, 경상대학교 토목공학과, 석사과정

1.2 연구의 동향

기존의 4D CAD 시스템과 관련된 논문은 시스템의 기능적인 방법론이나, 기능개선에 관한 연구가 다수이다.

이러한 연구동향은 선행연구(강인석, 2006)에서 이미 다뤄진 바 있으며, 본 논문에서는 4D CAD 시스템의 적용 사례에 대한 연구들을 바탕으로 동향을 분석하였다.

이재철(2004)은 3D 모델을 이용하여 일정별 물량정보검색이 가능한 4D 시뮬레이션 구현에서 5개동으로 구성된 복합단지 프로젝트를 사례로 물량산출 기능을 비교하여 4D 시스템의 실무 적용성을 향상시키는 방안을 제시하였다. 권오성 외(2001)는 초고층 프로젝트를 대상으로 ZONE관리와 4D를 도입한 사례를 연구하여 4D CAD의 효용성을 도출하였다. J. Gao 외(2005)는 세계 21개국의 대형 프로젝트사례에 대해 3D와 4D를 적용하여 분석된 장점을 통해 프로젝트의 품질향상과 효율적인 수행이 가능하다고 분석하였다.

기존의 유사 연구들이 4D CAD의 사례 적용, 물량산출 기능의 개선, 적용 효용성 등을 분석하고 있으나 4D CAD 구현시의 구체적 작업성이나 시스템의 기능적인 활용성에 대한 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 실제 4D CAD 시스템의 상세기능별 정보생성 및 결과물 구성 등의 과정을 사례 프로젝트 적용을 통하여 분석하며, 연구에서 적용된 4D CAD 시스템은 본 연구진에 의해 개발된 자체 시스템(Virtual Construction Project Manager, V-CPM)과 건설교통부 가상건설(Virtual Construction, VC)연구단에서 개발중인 시스템을 활용하고 있다.

2. 4D의 개념 및 국내외 4D 시스템 개발 현황

4D CAD 건설관리시스템은 기존의 공사일정표와 3차원 도면이 연계되어 공사경과기간에 따른 시설물의 완성상태를 3차원으로 연속 구현해주는 기술로서, 공정표의 일정(Time)과 3D 설계도면이 통합 구현되는 체계이다.

현재 개발된 국내 4D CAD 시스템 현황은 ELCON사의 ElconVR과 DDRSoft사의 4D CAD 시스템이 있다. 이러한 4D CAD 시스템은 타 3D 프로그램에서 생성한 모델을 순차적으로 시뮬레이션하는 기능으로 4D 시스템의 개발 초기 단계라고 할 수 있다.

국의 4D 시스템은 Bentley사의 Schedule Simulator, Commonpoint사의 Project 4D, Domos사의 4D Suite 등 다수의 시스템이 있다. 대부분의 해외시스템들은 기존의 3D 설계 도구에 일정 연계를 목적으로 4D의 기능이 부수적으로 연계되어 있으며, 이로 인하여 3D 도면해석 중심으로 구성되어 4D 기능은 단순하게 구성되어 있다. Project 4D는 3D 모델과 일정

정보의 간편한 연계방식을 가진 기능을 갖추고 있으며, 4D 구현은 시간 단위까지 가능하다.

실제 건설공사에 4D 객체를 구현한 사례들은 공정관리 프로그램으로 일정파일을 생성 한 후, 3D 설계 프로그램으로 모델을 생성하여 시뮬레이션 시스템을 이용하여 구현한다. 그러나 이러한 구현 사례들은 시각적인 기능으로서만 적용되고 있으므로 4D 시스템을 이용하여 전반적인 공사관리가 가능하도록 하기위해서는 4D 구현 절차의 활용성을 높일 수 있는 기능적인 개선사항이 요구된다.

3. 4D 시스템 사례 적용 절차 분석

본 장에서는 공사사례를 시뮬레이션 파일로 구현되는 전반적인 운용과정으로 나타내고, 각각의 구현 절차를 통해 4D CAD 시스템의 각 기능별 활용성과 단계별 기능에 대한 문제점을 도출한다.

3.1 사례 분석 절차

공정정보를 시각화된 4D 객체정보로 구현하기 위한 순차적인 과정은 일반적인 전산화체계 운영을 참조하여 정보수집, 공정 및 3D 객체 데이터 생성, 일정/도면 연계에 의한 4D객체 생성, 진도관리단계로 구분된다. 본 연구에서 수행될 4D 시스템 사례 분석 절차는 Fig. 1과 같다.

그림에서 공통코드는 4D 객체 생성을 위해 일정정보와 도면 3D 정보를 연계하기위한 연계코드를 의미한다. 프로젝트 정보수집 단계에서는 공통코드생성을 위한 토목공사의 작업 분류체계, 스케줄데이터, 도면데이터 등을 수집한다. 데이터생성 단계에서는 수집한 자료를 바탕으로 사례에 적합한 공통코드와 스케줄데이터를 통한 스케

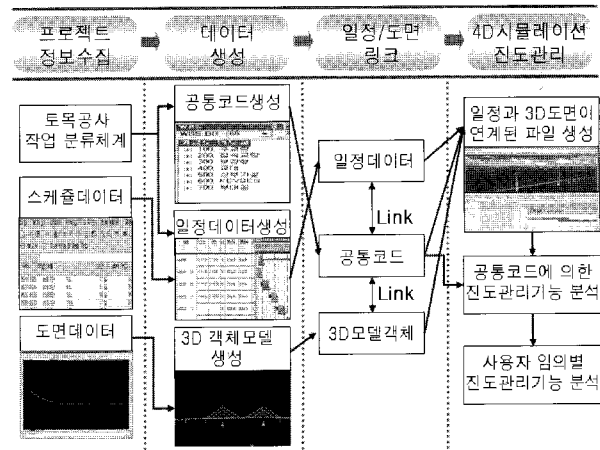


Fig. 1. 4D 사례 구현 절차

Table 1. 교량공사 사례 개요

항 목	내 역
사례 적용 대상	교량 공사
4D 구현 일정수	114개 공정
시뮬레이션 3D 모델 객체 수	58개

출관리데이터를 생성한다. 또한 2D도면을 바탕으로 각 공정 단위의 3D 모델을 생성한다. 일정/도면링크 단계에서는 데이터 생성 단계에서 출력된 공통작업코드에 의한 일정파일과 3D 모델을 연계하는 과정을 수행한다. 시뮬레이션 단계에서는 앞서 링크된 4D CAD 파일을 공정 단위로 시뮬레이션 하는 단계이며, 생성된 4D CAD 파일을 사용자 임의대로 조작하는 기능을 분석한다.

각 구분된 단계들은 시뮬레이션구현과정에서 시스템 운용상의 문제점이 체계적으로 도출될 수 있도록 하며, 단계별로 도출된 문제점들은 시스템개발의 참고자료, 4D 시스템 운용 지침으로도 이용이 가능하다.

Table 1은 본 연구에 적용될 사례에 대한 개요이며, 시설물은 교량공사를 대상으로 하였다. 4D 시뮬레이션을 이용하기 위해 스케줄이 입력된 공정 수와 3D 모델의 객체 수는 각각 114,058개로 구성된다.

3.2 데이터 생성 단계

3.2.1 공통정보코드 생성단계

본 단계에서는 4D 시스템에 내장된 토목공사 작업분류체계를 이용하여 본 교량공사 사례에 적합한 공통코드를 생성한다. Fig. 2에서와 같이 WBS(Work Breakdown Structure) Generator 도구를 이용하여 프로젝트명을 가진 공통작업코드를 생성한다.

기존 유사시스템에서는 이러한 공통코드 개념이 적용되지

않아 4D 객체정보의 활용성이 저하되고 있다. 이러한 점의 개선을 위해서는 4D CAD 시스템 전체에 공통적으로 활용할 수 있는 공통코드 개념이 필요한 것이다.

생성된 공통코드의 이용은 교량공사의 부위별, 즉 주교량, 접속교량, 교대, 부대공 등 각 공정 부위에 따른 코드별 관리가 가능한 이점이 있다. 또한 시설분류의 교량시설을 선택하면 교량시설에 해당하는 공간분류와 부위분류가 함께 선택되어 선택작업의 중복을 줄일 수 있다. 또한 생성된 공통정보코드는 향후 유사 건설공사에도 활용할 수 있어 다음 건설공사의 코드 생성 작업 시간을 줄일 수 있다. 그러나 프로젝트 수행을 위한 공통정보코드 생성에서 선택한 코드가 프로젝트 어디에 해당되는지 나타내 줄 필요가 있으나, 현재 그러한 기능이 누락되어 있다.

3.2.2 4D 시스템을 이용한 일정생성

4D CAD 시스템에서는 생성된 공통정보코드를 이용해 일정정보를 생성할 수 있다. Fig. 3은 왼쪽의 코드 창에서 최상위 코드명을 선택하여 드래그하는 과정을 통해 일정이 생성됨을 나타낸다. 각 공통정보코드를 가진 공정별 계획시작일과 종료일, 공기를 가진 일정이 Fig. 3의 하단과 같이 생성된다.

생성된 일정은 수정이 가능하며 공기 수정은 공정을 선택한 후 바(Bar)를 좌우로 조작함으로써 공기를 쉽게 수정할 수 있다. 또한 스케줄데이터는 바 자체를 원하는 날짜로 이동시키면 시작날짜와 종료날짜가 수정이 된다.

이러한 일정정보 생성기능은 각 공정이 시작일, 종료일, 공기 등 동일한 정보를 가진 액티비티(Activity)로 생성이 된다. 이후 생성된 액티비티는 각각 시작일, 종료일, 공기정보를 갖추어야 하며, 이러한 개별적 입력작업은 많은 시각과 품이 필요하게 된다. 본 사례에서는 구현하는 공정작업의 양이 많지 않아 작업이 비교적 간단하다. 그러나 실제 건설공사 프로젝



Fig. 2. WBS의 생성

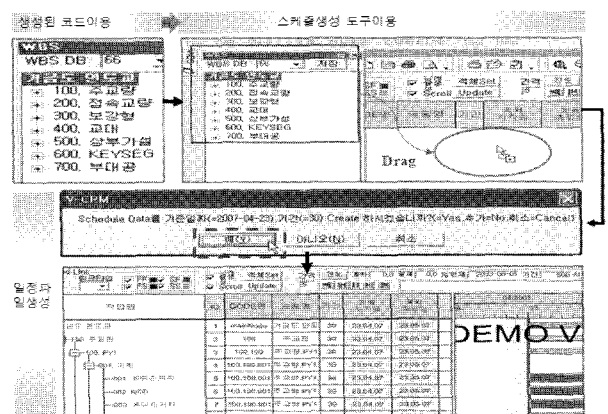


Fig. 3. 일정정보 생성

트의 경우 방대한 양의 공정을 개별적으로 수정하는 과정으로 인해 현장에서 4D CAD 시스템의 활용성이 저하되는 원인이 된다. 그러므로 방대한 양의 공정 스케줄을 생성시에는 외부파일을 임포트하는 방안으로 시간을 절약할 수 있다. 다음 절에서 외부시스템으로 작성된 스케줄 파일을 시스템으로 임포트 하는 과정을 수행한다.

3.2.3 외부 파일 임포트 및 이용한 데이터 생성

외부 파일의 임포트기능은 VR기반 설계조감도(Bird's Eye View)구성시 특히 필요한 기능이 될 수 있다. 설계조감도 단계는 상세한 설계정보들이 구성되어 있지 않으므로, 해당 시설물의 주요 구조물을 레이어(Layer)단위로 설정할 수 있다. 설정된 레이어는 VR조감도에 내장된 구조물별 내장 3D객체에 의하여 형식과 개수를 정할 수 있으며, 이로써 레이어 수순에 의한 4D방식의 레이어 시물레이션이 가능해진다. 본 연구에 사용된 4D CAD 시스템에서는 3D 모델을 생성하는 기

능을 갖추고 있으나 타 3D 모델 생성 프로그램보다 기능적인 요소가 미흡하다. 따라서 본 단계에서는 타 시스템으로 작성된 도면파일을 VR시스템에 임포트하여 3D 모델 데이터로 생성하는 과정을 Fig. 4와 같이 나타낸다.

그림 4는 외부 시스템에서 작성한 3D 설계 파일이 본 VR 조감도시스템에 호환된 화면이다. 호환되는 도면 파일은 dwg, dxf, vdf 등이 있으며, 이미지 파일은 bmp, jpg, gif, png 등의 파일이 호환된다. 4D CAD 시스템에서는 주로 오토캐드(AutoCAD)에서 작성된 도면이 호환되나, 현재 3D 설계에서 사용되는 프로그램은 오토캐드 이외에도 카티아(CATIA), 마이크로스테이션(Microstation) 등의 프로그램으로도 작성되므로 더 많은 프로그램과의 호환성이 요구된다.

VR조감도시스템에 3D객체의 임포트기능을 연동하면 단순한 3D객체의 링크이외에 다수의 설계 대안을 임의로 구성하여 최적 설계안을 구성하는데 효율적 도구가 될 수 있다. 또한 설계정보가 부족한 개념설계단계에서 교량의 전체 조감기능이외에 선박 통행성을 검토하기 위한 부분적 교각들만 선택적으로 가상공간에서 건설할 수 있으므로, 조감도의 기능을 설계 및 시공단계까지 연동시킬 수 있다.

일정정보 임포트 과정은 엑셀데이터와 MS-Project사의 mpp파일을 이용할 수 있다. Fig. 5와 같이 코드매핑창에서 mpp파일의 필드(Field)명과 시스템에서 사용될 필드명을 지정하는 매핑(Mapping)과정을 통해 일정파일이 생성된다.

이상에서 외부 시스템으로 작성된 파일을 임포트하여 일정 파일과 3D 모델 파일을 생성하였다. 이러한 생성절차에서 도면정보는 파일을 실행함과 동시에 데이터가 생성되나 일정파일은 매핑과정으로 인해 4D CAD 시스템 구현 작업시간이 지연된다는 단점이 있다.

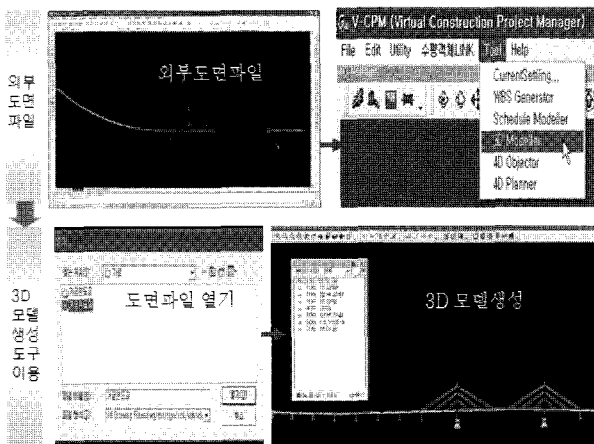


Fig. 4. 외부 3D객체 임포트 과정

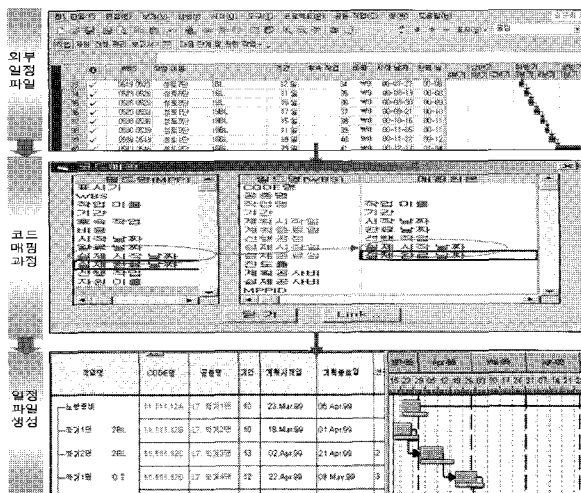


Fig. 5. 외부 일정데이터 임포트 과정

3.3 일정과 3D 모델 정보의 링크

공통정보코드를 이용하여 일정과 도면정보를 통합관리하기 위해서는 3.2절에서 생성한 WBS코드가 각각의 공정이나 3D 모델 객체정보에 연계되어야한다. 본 절에서는 코드에 의한 일정과 3D 도면의 연계와 토공지형에 코드를 연계하는 과정을 수행한다.

3.3.1 일정 및 3D 객체 정보의 연계

일정정보의 코드 연계과정은 일정정보 생성시 공통정보코드를 직접 이용하므로 연계과정이 생략되는 간편한 이점이 있다(Fig. 2참조). 외부시스템을 이용하여 일정파일을 생성한 경우는 임포트 하는 과정에서 최상위코드를 일정정보창으로 이동하는 과정을 통해 공통정보코드가 연계된다.

3D 객체 모델과 공통작업코드의 링크 과정은 Fig. 6과 같다. 3.4절에서 공통작업코드에 의해 생성된 일정, 도면정보를 바탕으로 3D 모델과 공통정보코드가 연계된다.

링크 절차는 3D 모델러 도구를 이용하여 3D 모델파일을 실행한 후 코드명을 입력할 객체를 선택한 후, 하단의 시각영역 안의 수평객체링크 창을 이용하여 코드를 부여한다. 공통정보코드와 링크된 객체는 포인터가 객체에 근접하면 링크된 코드값이 나타나며, 코드값이 정의되지 않은 객체는 정보가 나타나지 않으므로 객체의 링크 여부를 확인 할 수 있다.

3.3.2 토공지형 수평객체의 공통코드정보 연계

본 연구에서 사용된 4D CAD 시스템은 토공지형의 시각화를 구현하기 위해 삼각망 정보를 이용하고 있다. 철도시설물 건설시 4D CAD 시스템을 활용하기 위해서는 토공 지형의 시뮬레이션이 요구된다. 본 절에서는 토공지형을 시뮬레이션하기 위한 과정을 Fig. 7과 같이 나타낸다. 일정정보는 이미

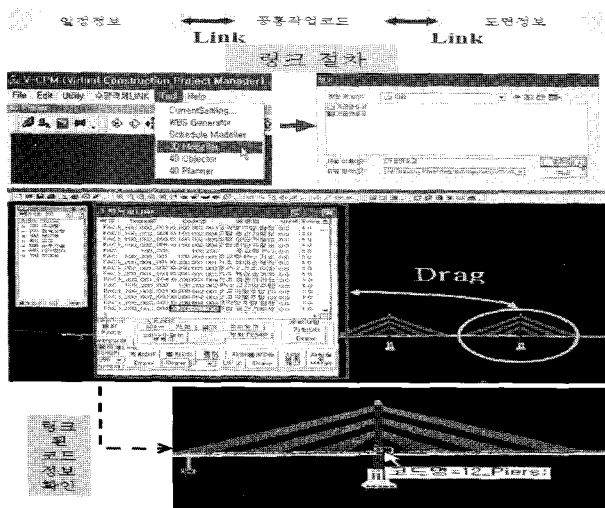


Fig. 6. 3D 객체정보와 공통코드정보 링크

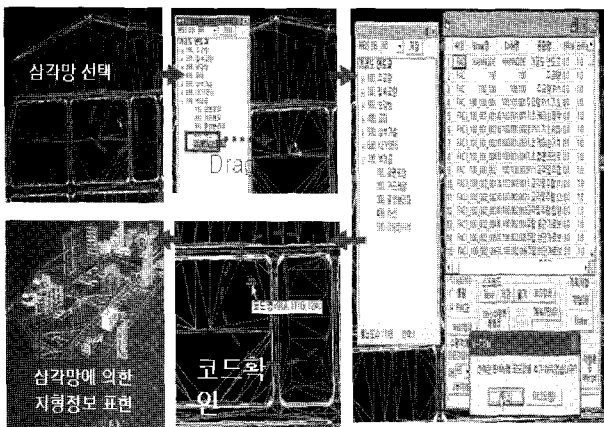


Fig. 7. 수평객체의 공통코드정보 연계

코드와 연계되어 있으므로 코드명을 입력할 지형 삼각망을 선택한 후 수평객체 링크창에서 코드명을 선택하여 입력한다. 링크된 코드의 확인은 포인터가 지형삼각망에 근접하면 코드 정보가 나타난다.

3.3.3 링크된 정보의 확인

도면 객체의 코드링크 여부는 수평객체 링크 창과 WBS Generator 창에서 확인이 가능하다. Fig. 8 (a)는 수평객체 링크창을 통해 코드의 링크여부를 확인을 나타낸다. 코드링크를 선택하면 새창으로 코드링크창이 나타나며, 코드링크 창에서 '등록확인' 기능을 통해 링크된 코드는 다른 글자색으로 표현되기 때문에 코드의 링크 여부를 쉽게 파악할 수 있다. 또한 Fig. 8 (b)는 WBS Generator 창에서 링크 여부 확인이 가능함을 나타내고 있다. 상단의 표준 WBS 창에서 주교량, PY1, 교각 및 주탑을 순서대로 선택한 후, 4D 모델기능을 선택하면, 하단의 3D 화면에서 공정코드에 연계된 4D 객체모델이 구현됨을 알 수 있다. 수평객체 링크창을 통한 링크의 확인은 코드를 중심으로 확인가능하며, WBS Generator 창을 통해서도 3D 모델을 중심으로 링크확인 가능하다. 이러한 확인기능은 링크 작업의 중복성을 피하고, 링크 작업의 누락을 방지할 수 있는 이점이 있다.

그러나 링크된 공정의 코드를 확인하는 과정에서 코드명이 나타나는 속도가 느려 작업 시간 지연을 초래한다. WBS Generator창에서도 링크된 3D 모델의 확인이 가능하지만 현재의 3D 모델러의 작업창을 닫고 WBS Generator창을 실행해야 한다. 그러므로 전체 링크된 모델을 확인할 경우에는 편리하나, 링크 작업의 수행 중에 코드를 확인하는 과정으로 사용하기에는 어려운 단점이 있다.

일정정보와 3D 모델을 공통정보코드에 링크하는 과정에서 4D CAD 시스템 자체에서 일정파일을 생성하는 경우는 코드의 연계과정이 생략된다는 이점이 있다. 그러나 외부파일을 호환할 경우는 공통코드정보를 일정과 3D 도면에 각각 링크해야 하는 작업의 중복성이 있다. 4D CAD 시스템 이 자원이

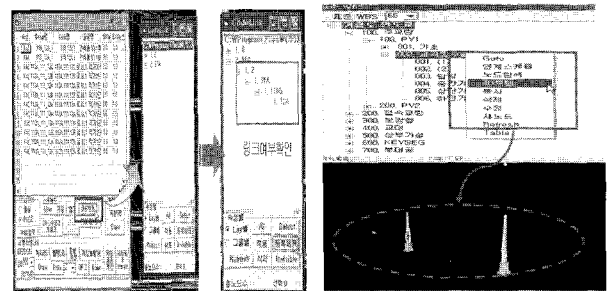


Fig. 8. (a) 코드링크 확인

Fig. 8. (b) 링크된 객체 확인

나 비용정보가 추가되는 nD CAD 시스템으로 발전될 경우 링크작업을 일정, 도면, 자원, 비용정보 각각에 수행해야 하기 때문에 링크작업을 총 4번해야하는 결과가 예상된다. CommonPoint사의 Project 4D 시스템의 경우는 객체정보와 일정 정보가 동일 이름을 가지면 도면과 일정을 선택한 후 링크버튼 한번으로 연계되는 간편성이 있다. 그러므로 4D CAD 시스템의 도면과 일정정보의 연계 과정을 더욱 간소화 하는 방안이 요구된다.

3.4 4D 시뮬레이션 기능

4D CAD 시스템은 일정정보와 도면정보를 입체적으로 시각화하여 건설공사 프로젝트의 이해도를 높인다는 이점이 있다. 본 절에서는 3.2절과 3.3절에 걸쳐 생성된 정보를 바탕으로 시각화된 4D 객체로 구현되는 과정을 나타내었으며, 시스템의 기능을 이용하여 건설 프로젝트에 사용될 수 있는 관리 기능을 분석하는 절차를 수행한다.

본 연구 사례의 경우 사장교 주탑 공사가 진행되면, 동일 스케줄 상에 있는 반대쪽 주탑, 교대, 교각, 상판 등의 공정들의 진행 상태를 한 화면에서 동시 구현되는 현황을 볼 수 있다. 이를 통해 동일 스케줄을 가진 다른 위치에서 진행되는 공정이 한 화면에 구현되어 공사 진행 상태 파악이 용이하다. 또한 주위 지형까지 표현되어 시설물과 주위지형과의 조화성을 검토할 수 있다.

이러한 시각적 시뮬레이션기능은 공정 수준의 오류를 용이하게 파악할 수 있고, 시뮬레이션 화면에서 오류가 파악된 객체를 선택하면 일정정보 창에 해당하는 공정이 연계 선택되어 오류발견 즉시 공정정보 수정이 가능한 이점이 있다.

그 외 시뮬레이션 관리기능으로서 실제데이터의 입력으로 계획데이터에 의한 시뮬레이션과 실제데이터에 의한 시뮬레이션이 동시에 구현되어, 계획 대비 실제 프로젝트 일정의 지연 여부를 알 수 있다. 이를 통해 프로젝트 공기를 관리할 수 있는 이점이 있다. 또한 4D 시뮬레이션 구현 기능을 이용하여 특정 일자별, 건설공사에서 관리가 필요한 임의 기간 동안의 시점만을 시각화하여 공사의 진도 파악이 가능하게 한다.

4D CAD 시스템이 단순 공정 시각화 기능에서 발전되기 위해서는 기존의 공정관리 도구들에서 제공되는 다양한 정보들이 부가기능으로 구성될 필요가 있다.

또한 시스템 전반적으로 구현 속도 개선을 위해 WRL 파일을 도입하였으나 WRL로 변환하기 위해 추가적인 시간이 요구됨으로 이에 대한 개선도 필요한 실정이다. 이는 대형건설공사 사례를 4D CAD 시스템에 적용시 구현되는 파일의 용량을 줄이지 않으면, 생성된 4D CAD 프로젝트 정보들을 데이터베이스화 하는 것에 대해 문제점이 초래될 수 있는 부분이다.

4. 4D 시스템 적용 절차 개선 사항

앞 절에서 교량공사를 대상으로 4D CAD 구현시 시스템 적용 단계별 도출된 문제점은 아래와 같다.

- (1) 데이터 생성단계는 공통정보를 이용하여 일정 파일 생성시 모든 액티비티가 동일한 일정을 가진 파일로 생성되어 각 공정마다 수정과정을 거쳐야 하는 문제점이 도출되었다. 또한 외부파일의 임포트를 통한 데이터 생성 단계에서 일정데이터의 높은 호환성을 확보해야 한다. 매핑과정으로 인한 작업시간 지연과 3D 모델러 기능이 타 시스템에 비해 미약하므로 이에 대한 문제점 개선 방안도 요구된다.
- (2) 공통정보 생성단계에서 내장된 코드를 선택시 생성된 프로젝트 코드가 동시에 선택 되지만, 프로젝트 코드를 선택할 경우, 선택된 교량공사의 공종이 표준분류코드 어디에 해당되는지 나타낼 필요가 있다.
- (3) 일정정보와 3D 모델정보의 링크 단계에서는 일정정보와 3D 모델 각각에 공통정보를 연계해야한다는 작업의 중복성과, 링크된 코드정보를 확인하는 단계의 속도가 지연되는 문제가 있다.
- (4) 시뮬레이션 단계에서는 시각적인 기능은 높으나 근본적으로 현장에 직접 활용할 수 있는 관리적인 기능들이 부족하며, 4D 구현 파일의 용량 크기로 인해 이를 DB화 하는데 어려움이 있는 것으로 파악되고 있다.

이상의 4D 구현 절차 단계별 분석된 문제점을 바탕으로 개선방안을 다음과 같이 제시한다.

4.1 데이터 생성 기능의 개선

4.1.1 WBS 생성 기능 개선

WBS 생성단계에서 4D 시스템에 내장된 WBS의 시설분류 교량공사를 선택하면 공간과 부위 분류에서도 교량공사에 해당하는 정보가 함께 선택되는 이점이 있으나 생성된 프로젝트의 분류체계를 선택하는 경우는 연계가 되지 않는다. 그러므로 선택된 코드와 시스템내의 코드 연계를 가능하게 하여 프로젝트의 표준공통분류체계를 선택시 선택된 공정이 시설분류의 어느 수준에 해당되는지, 공간과 부위분류에서도 어디에 해당되는지를 알 수 있도록 한다. 이러한 기능은 사용자의 공통정보코드에 대한 이해를 높일 수 있다. 코드체계의 이해도를 높이는 것은 건설공사의 코드가 어떤 공정정보를 나타내는지 쉽게 알 수 있도록 한다. 코드 이해 수준이 높을수록 코드정보에 의한 관리를 쉽게 할 수 있어 결과적으로 공사 관리 효율이 증대될 수 있다.

4.1.2 시스템 내의 기능을 이용한 일정정보 생성

3.3절의 데이터 생성 단계에서 4D 시스템에 의해 생성된 일정정보는 시작일과 종료일, 공기가 모두 동일한 공정으로 생성되는 문제점이 있었다. 소규모 프로젝트의 경우에는 외부파일을 임포트 하는 과정보다 공정을 수정하는 과정이 간편할 수 있으나, 대형프로젝트의 경우에는 방대한 작업량으로 인한 4D 시물레이션 구현이 어려워진다. 그러므로 데이터의 생성 기능보다는 외부파일 임포트 기능을 더 간편화 하는 방안이 효율적이다. 현재 외부 파일을 임포트하는 과정은 Fig. 10의 왼쪽단계와 같이 외부 파일로 작성된 필드이름과 4D 시스템에서 적용되는 필드이름이 다르기 때문에 매핑과정을 거쳐 필드명을 지정하는 단계를 거친다.

이러한 단계를 간소화시키기 위하여 외부 파일로 일정데이터 작성시 필드명을 표준으로 지정하여 작성하거나 4D 시스템에 생성된 필드명을 외부파일에서 수정한다. 4D 시스템에 임포트 할 경우 수정된 필드명이 그대로 생성될 수 있도록 하여 매핑과정을 생략할 수 있다. Fig. 10의 오른쪽 그림은 외부 파일에서 필드명 수정을 거친 파일이 중간의 매핑과정 없이 그대로 일정파일로 생성됨을 나타낸다. 이러한 매핑과정 생략으로 외부 파일을 통한 일정파일 생성시 작업 시간을 단축할 수 있다.

4.1.3 3D 모델 생성 기능 개선

본 시스템에서는 3D 모델러(Modeller) 기능을 사용하여 3D 모델을 자체적으로 만들 수 있는 기능이 내장되어 있다. 그러나 3D 모델을 작성하는 전문프로그램에 비해 실제 시스템 상에서 3D 모델을 만드는 기능이 미약하여 자체적 시스템으로 3D 모델을 생성하는 경우는 극히 드물다. 따라서 4D CAD 시스템을 이용하여 일정, 도면정보 생성에서부터 시물레이션 구현까지 건설공사의 통합적인 관리가 가능하게 하기

위해서는 3D 모델러 기능의 개선이 요구된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 두가지 방안이 고려될 수 있다. 첫째, 전문적인 3D 모델 제작프로그램 수준정도의 3D 모델러 기능을 업그레이드 시키는 방안과 둘째, 3D 모델을 임포트하여 필요 사항에 알맞게 분할하거나 수정할 수 있는 기능을 강화시키는 방안이 있다. 현재 시스템의 활용 상황에 비추어 볼 때 두 번째 방안을 채택하는 것이 실용성과 경제성면에서 더 타당하다고 사료된다. 두 번째 방안을 채택시 현재 상용화 되고 있는 3D 모델링 프로그램에서 제작된 파일의 호환성을 확보하여 임포트된 3D 객체정보를 별도의 과정 없이 4D 시스템에 적합하도록 가공하는 작업이 가능하게 해야 한다. 또한 본 시스템에서 3D 모델을 불러 오기 위해 외부에서 WRL파일로 변환하는 과정을 시스템 자체적으로 변환할 수 있도록 하여 시스템 사용의 편의성을 확보해야 할 것이다.

4.2 일정과 3D 모델정보의 링크기능 개선

공통정보코드를 통한 공사관리는 공사 계획·설계시에 사용된 코드를 시공과 유지관리단계에서도 이용이 가능하다는 이점이 있다. 그러므로 공통정보코드는 그대로 이용하되 링크작업의 중복성을 좀 더 간편화 시키는 방안이 필요하다. 링크작업을 간소화하기 위해 '링크필드(field)' 개념을 도입할 수 있다. 모든 설계 데이터 즉, 일정 정보, 3D 모델, 자원, 비용 등이 한 창에서 링크 작업이 가능하도록 하는 기능이다. Fig. 11은 이러한 기능을 표현하고 있으며, WBS코드와 일정데이터에 의해 생성된 일정파일에 자원과 비용정보를 추가로 입력한다.

코드와 일정, 자원, 비용에 대한 정보를 필드명에 의한 DB로 구축한다. 링크필드창을 구성하여 3D 모델에서 '주탑' 영역에 해당하는 객체를 모두 선택한다. 검색기능을 이용하여 주탑에 해당하는 정보들이 우선적으로 정렬되도록 한 후, 객체와 코드를 각각 선택하여 3D 모델에 코드정보를 연계할 수

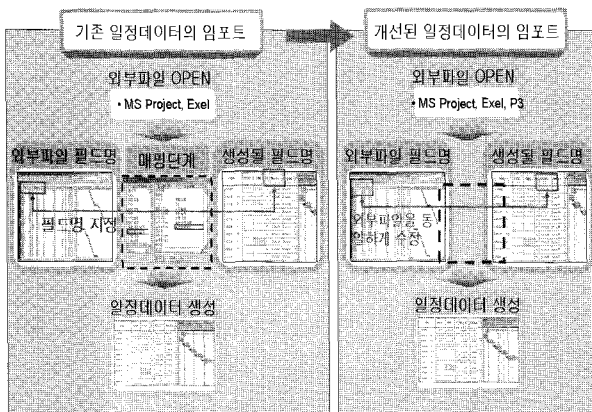


Fig. 10. 매핑과정 생략으로 인한 임포트 단계 간소화

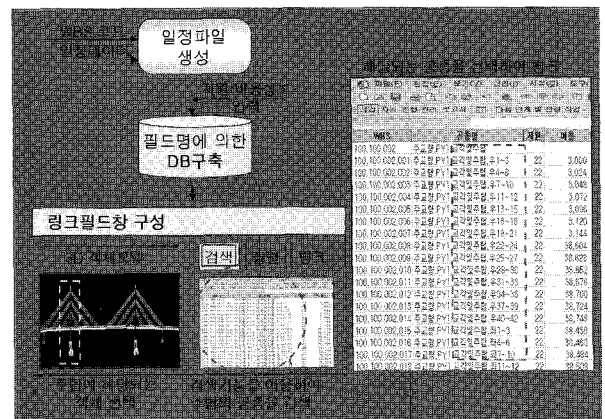


Fig. 11. 링크필드에 의한 연계방법

있다. 이러한 연계기능의 간편화는 사용자가 링크시키고자 하는 코드를 우선적으로 배치함으로써 링크작업의 시간을 단축시킬 수 있다. 이러한 작업시간 단축은 결과적으로 4D CAD 시스템 적용사례를 증가시킬 것이다.

4.3 시뮬레이션기능 개선

현재 4D 시스템이 가지고 있는 시뮬레이션에 대한 한계점의 개선방안으로 각 대안에 따른 시뮬레이션이 가능한 ‘대안 시뮬레이션’ 기능을 도입한다. 본 교량공사의 경우 대안 시뮬레이션을 수행할 수 있는 예로서 교량의 위치선정에 따른 대안과 작업순서나 방향에 따른 대안, 자재나 공사장비의 배치에 따른 대안이 있을 수 있다. 각각의 대안들을 4D CAD 시스템 화면에 나타낼 수 있게 하는 기능이다.

기존의 임의기간별 4D CAD 구현기능이 계획 대비 실제 일정을 시뮬레이션을 해 봄으로써 진도관리가 용이했던 관리 단계에서 유용한 시뮬레이션 기능이라면, 대안별 시뮬레이션 기능은 설계시의 대안을 시뮬레이션을 해 봄으로써 최적의 대안을 수행할 수 있도록 하여 설계단계 4D 객체의 활용성을 높일 수 있다.

본 교량 사례를 4D CAD 시스템으로 구현한 결과 구현 파일의 용량이 방대해 지므로 다수의 대형 건설공사 4D CAD 프로젝트의 DB화는 무리가 있다. 그러므로 생성되는 4D 구현파일의 용량을 줄여서 저장할 수 있는 4D 모델러의 도구가 개발되어야 한다. 이러한 도구를 통해 4D 프로젝트의 DB화를 용이하게 하고, 구축된 DB를 통해 유사한 공사 수행시 공사 정보의 공유가 가능하게 한다.

5. 결론

국내의 4D CAD 시스템의 개발현황에도 불구하고 복잡한 사용절차로 인해 건설 프로젝트를 4D CAD로 구현한 사례는 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 철도 교량공사를 대상으로 4D 객체의 구현 방법과 절차를 나타내었으며, 각 절차에서의 문제점과 기능을 분석하였다. 또한 철도시설물의 4D CAD 활용성을 높일 수 있는 개선방안을 제시하였다.

- (1) 본 시스템을 이용하여 일정정보 생성시 동일한 정보를 가진 공정이 생성되는 문제점을 파악하였으며, 이를 개선하기 위해 외부파일의 임포트 과정에서 매핑과정을 생략하는 방안을 제시하였으며 4D 구현 절차의 간편성을 높일 수 있었다.
- (2) 도면과 일정의 연계과정 간편화를 위해 공통코드를 이용하는 방법론을 구성하였다. 신규 프로젝트의 경우 공통코

드 연계작업의 중복성으로 인해 향후 nD CAD 시스템으로 발전시 적용성을 저하시킬 수 있는 원인이 될 수 있다. 이를 개선하기 위해 연구에서는 링크필드 기능구성 방안을 제안하여 3D로 설계된 건설프로젝트의 시뮬레이션 적용성을 높일 수 있었다.

- (3) VR기반 설계조감도의 대안 시뮬레이션기능을 통해 시각적인 정보로서의 4D 이용 뿐 아니라 설계단계에서도 시스템을 이용할 수 있는 방안을 제안하였다.
- (4) 연구에서는 4D CAD의 개선기능 도출과 도출된 각 기능을 시스템화하여 실제 프로젝트에 적용하여 4D 객체의 구성 단계별 적용 절차를 구체화 하였으며, 이로써 실무 프로젝트에서 4D CAD 적용성을 개선할 수 있을 것이다.

후 기

본 연구의 일부는 건설교통부(건설교통기술평가원) 연구비 지원에 의한 2006년도 연구과제 수행결과임.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2004), 멀티미디어 기술을 연계한 건설관리 정보화용 4D시스템 개발 연구보고서, pp.171~178.
2. 이재철(2004), “4D 시뮬레이션 및 일정별 물량정보검색을 위한 3D 모델 정보 활용.” 건설관리, 제5권제4호, 한국건설관리학회.
3. 권오성(2001), “초고층 복합시설물의 4D CAD 모델링 사례연구.” 한국건설관리학회 학술지, 2001.
4. 강인석(2006), “건설공사 4D CAD시스템의 일정 및 진도관리 기능 개발사례” 대한건축학회 논문집, 22권8호.
5. 강인석(2006), “토목시설물 공사관리 시각화를 위한 4D 시스템 적용방안”, 대한토목학회논문집, 26권.
6. DDRSoft Co. <http://www.ddrsoft.co.kr>. 2007.
7. 엘콘CIC. <http://www.elconsystem.com>. 2007.
8. Common Point Inc. <http://www.commonpointinc.com/>. 2006.
9. D-Studio. <http://www.domos.be>. 2007.
10. J. Gao and M. Fischer (2005) “Experiences with 3D and 4D CAD on Building construction Projects; Benefits for Project success and Controllable Implementation Factors”, International Conference on Information Technology in Construction, CIB W78's 22nd.
11. L.S.Kang (2007), Improvement of Basic Functions for Visualizing Schedule and 3D Objects in 4D CAD System, 2007 CIB Conference Proceeding, South Africa.
12. Yuan.Fu LIAO. (2007) “Development and Application of 4D Construction Simulation Tools”, 2007 Civil Engineering Conference in the Asian Region, Taipei.

(2007년 6월 8일 논문접수, 2007년 7월 23일 심사완료)