

3D 그래픽 모델을 활용한 교량 시설물 유지관리 시스템

Application of a 3D Graphic Model for Bridge Maintenance

문 성 우*
Moon, Sungwoo

김 상 도**
Kim, Sangdo

박 미 경***
Park, Mikyoung

요 약

건설공사의 규모가 대형화, 복합화 되어감에 따라서 유지관리의 중요성이 더욱 커지고 있다. 유지관리의 효과를 높이기 위해서는 유지관리단계의 정보뿐만 아니라 설계·시공단계에서 생성된 정보를 신속하게 조회하고 활용할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 3D 그래픽 모델을 활용한 교량 구조물 유지관리 정보 시스템을 제시한다. 3D 환경의 유지관리 정보 시스템은 시설물 부재의 속성정보를 저장하고, 이와 관련하여 데이터베이스에 저장되어 있는 데이터를 추출함으로써 필요한 자료를 신속하게 조회할 수 있다. 연구의 목적을 달성하기 위해서 캐드와 웹 환경으로 구성된 프로토타입을 개발했다. 개발된 프로토타입을 적용하여 테스트한 결과 유지관리자는 웹 환경에서 사무실과 현장에서 필요한 데이터를 찾을 수 있으며, 작업 시 실시간으로 데이터를 활용하여 유지관리의 시간을 단축하고, 의사결정의 정확성을 높일 수 있는 것으로 나타났다.

키워드 : 시설물 유지관리, 정보 조회, 3D 그래픽 모델, 교량 시설물, 유지관리 정보환경

1. 서론

1.1 연구의 배경

시설물의 유지관리는 국가나 시민의 편의를 위해서 건설된 시설물을 정기적인 점검이나 안전진단 등의 행위를 통하여 오랜 시간 건설 목적에 부합한 기능을 발휘하고 재난재해를 사전에 예방하여 안전하게 사용하기 위해서 관리하는 것을 의미한다. 한상연(1993)은 데이터관리 시스템, 정책결정 보조시스템, 전문가시스템, 컴퓨터 통신 시스템 등 4가지 종류의 정보시스템을 결합하여 공공 시설물 관리에 효과적으로 쓰일 수 있는 종합 정보시스템 구축 방법을 이론적으로 검토했고, Conte (2003)는 무선인터넷을 이용하여 자료를 전송하고 다른 연구기관들이 공동으로 정보를 이용할 수 있는 시설물 유지관리 시스템을 구축하는 등 시설물 유지관리에 관한 연구가 계속적으로 이뤄지고 있다.

건설된 시설물이 제 기능을 발휘하기 위해서는 주기적인 점검이 필요하며 손상되거나 문제가 발생했을 경우 보수나 보강을 함

으로써 시설물 자체의 안전성과 제 기능을 유지하도록 할 수 있다. 사회 간접자본에 해당하는 도로, 교량, 터널, 항만 등과 같은 시설물은 대부분 외형적인 규모가 거대하며 건설기간이 매우 길고, 건설에 필요한 비용도 막대하다. 권오현(2010)이 분석한 결과에 따르면 2008년 현재 건설 시설물의 자산가치는 2,438조원으로 전체 국부에서 차지하는 비중이 35.1%에 이르며, 1998년부터 2007년까지 10년 동안 우리나라의 건설투자는 2005년 실질가격 기준으로 총 1,369조원으로 이 중 인프라 관련 투자는 22.6%에 해당하는 310조원에 이르는 것으로 나타났다. 이와 같이 막대한 비용과 시간을 소모하여 건설되어 국가의 주요자산으로써 차지하는 비중을 고려할 때 건설된 시설물의 성능을 지속적으로 제공하기 위한 유지관리의 중요성은 아무리 해도 지나치지 않다.

건설된 시설물에 대하여 개량·보수·보강 등 유지관리 활동을 하기 위해서는 설계도서, 관련법규, 민원서류, 인·허가서류 등 방대한 양의 데이터가 필요하다. 설계와 건설기간 중에 생성된 자료들은 당시의 기준과 근거를 나타내며, 유지관리 시 발생할 수 있는 클레임, 재난, 증축 등 수시로 정보가 활용되어야 한

* 중신회원 부산대학교 공과대학 토목공학과 부교수 sngwmoon@pusan.ac.kr

** 일반회원 부산대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 kennes@naver.com

*** 일반회원 부산대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(교신저자) onljsj3@hanmail.net

다. 따라서 효과적인 시설물의 유지관리를 위해서는 관련 데이터를 적극적으로 관리하고 정확하고 신속하게 자료를 조회할 수 있는 체계가 필요하다. 박광재 (1991)는 만들어진 순서대로 연속적으로 도면번호를 부여하는 도면관리 방식은 설계도면의 매수가 적을 때는 쉽게 찾을 수 있으나 수천 장의 도면이 있을 때 필요한 관련 도면을 찾는 것은 허용된 시간 이상으로 소요될 것이며 다른 도움 없이 필요 도면을 검색하기 어렵다는 문제점을 지적했다. 또한 기존의 유지관리업무는 대부분의 경우 CD로 저장된 자료를 일일이 검색하여 필요한 정보를 직접 출력하여 사용해야 하는 등 시간을 소요한다.

본 연구에서는 사용자가 현장에서 관리하고자 하는 시설물을 쉽게 화면을 통하여 확인하고 필요한 정보를 즉시 이용할 수 있도록 3D 그래픽 모델을 활용한 교량 구조물 유지관리 정보 시스템을 제시하여 필요한 설계정보를 실시간으로 검색하고 조회할 수 있는 환경을 구현한다. 3D 환경의 유지관리 정보 시스템은 시설물 부재의 속성정보를 저장하고, 이와 관련하여 데이터베이스에 저장되어 있는 데이터를 추출함으로써 필요한 자료를 신속하게 조회할 수 있도록 한다. 시스템은 웹 환경에서 개발되어 무선 네트워킹을 이용하여 사무실뿐만 아니라 현장에서도 실시간으로 필요한 데이터를 조회할 수 있다. 방대한 유지관리 관련 자료를 효과적으로 사용하기 위해서는 데이터베이스화와 함께 데이터 처리 체계가 있어야 한다는 점을 고려할 때 3D 환경의 유지관리 정보 시스템은 유지관리의 효율성을 높일 수 있을 것이다.

1.2 기존 유지관리의 문제점

현재 국내에서는 Project Management Information System (PMIS)와 Building Information Modeling (BIM) 등 다양한 방법을 통하여 건설 정보화를 시도하고 있으나 이러한 정보화 노력은 대부분 설계 및 시공단계에 국한되어 있다. 박창석 (2009)은 현재의 PMIS는 주로 시공단계에 이뤄지기 때문에 사업초기 단계에서 발주자의 기획의도에 따른 다양한 시설물의 배치, 새로운 시설물의 추가 및 제거, 수요변화 등에는 사용하지 못하고 있다. 건설 산업 전반의 효율화를 위해서는 사업의 초기단계에서부터 유지관리단계에 이르기까지 전 단계의 정보화 프로세스를 개선하고자 하는 노력이 필요하다고 강조했다. 이한민 (2008)은 이러한 연구의 대부분이 단순히 정보의 시각화에 중점을 두었을 뿐 기본적인 정보체계 내에서의 정보연계가 부족하기 때문에 개별 기록들을 축적하는 과정에서 각 정보의 관리주체가 서로 다르므로 인하여 효율적인 정보 검색기능이 미비하다고 지적했다.

이와 같은 현실에서 이철규 외 (2004)는 국내에서 구축된 시설물 유지관리시스템은 현업의 업무수준과 여건을 제대로 고려하

지 않고 시설물의 현황과악에만 치중한 나머지 시스템의 활용성이 떨어진다고 논했다. 이것은 기존의 유지관리 시스템이 단순히 정보 보관 이상의 의미를 갖지 않으며, 유지관리 수행 시 얻어지는 정보 및 이력을 체계적으로 관리하고 있지 못하고 있다는 것을 의미한다. 유지관리 시스템이 단순히 정보보관의 역할만 수행할 때 설계도서 등 기타 유지관리 자료의 활용성은 떨어지게 된다.

한국시설안전공단에서는 공공시설물에 대한 시설물정보관리 종합시스템 (FMS)을 구축하여 국가 주요시설물에 대한 안전점검 및 안전진단 실시현황 및 보수·보강 현황을 인터넷을 통하여 실시간으로 보고하고, 주기적인 시설물 이력을 관리하도록 하고 있다. 그러나 이는 관리담당자의 보고체계를 종이문서 (Off-line)에서 인터넷 (On-line)으로 전환한 것 일 뿐이며, 시설물 유지관리 정보를 효율적으로 관리하기 위한 체계로써는 부적합한 실정이다. 시설물의 수의 증가하고 대형화 될수록 이에 따른 유지관리 정보의 양은 증가할 것이다. 이와 같은 여건은 설계시공 데이터를 라이프사이클 관점에서 유지관리 정보처리 시스템을 구현하여 체계적으로 유지관리 정보를 처리해야 할 필요성을 보여준다.

국내뿐만 아니라 국외에서도 유지관리의 문제점이 나타난다. Brochner (2001)은 시설물 관리의 초기단계부터 유지보수단계까지 분류체계가 미비한 것을 지적하였으며, Wang (2002)은 시스템 연계 시 각 체계별 통합이 아닌 시스템 상의 서버 연계에 의한 통합을 통해 정보 공유를 제한하는 것에 그치는 것을 지적했다.

1.3 연구의 목적과 방법

본 연구는 3D 그래픽 모델을 활용한 교량 구조물 유지관리 정보 시스템을 개발하여 유지관리 시 정보처리의 효과를 높이는 것을 목적으로 한다. 데이터베이스화를 통하여 유지관리 정보를 활용함으로써 유지관리 단계에서 대규모 시설물의 방대한 도면 및 문서데이터를 현장 관리자가 데이터를 보다 쉽게 입력 및 저장, 조회가 가능하고, 시설물을 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있다. 개발된 3D 그래픽 모델 환경은 현장에서 실시간으로 사용할 수 있으며 현장에서 유지관리 정보가 필요 시 3D 그래픽 모델의 블록을 클릭하면 태블릿 PC를 통하여 웹 서버 시스템으로 접속하며 관련 유지관리 데이터 및 관련도면 등을 검색, 조회할 수 있다. 또한 업무 수행 시 얻어지는 시설물에 대한 새로운 정보 및 보수 보강 이력을 실시간으로 갱신 할 수 있다.

연구과정에서는 첫째, 기존 시설물 유지관리 프로세스에 대한 분석과 문제점을 도출하고; 둘째, 정보처리 환경에서의 개선 시설물 유지관리 프로세스를 제시했으며; 셋째, 새로운 프로세스를 바탕으로 요구사항을 분석했고; 넷째, 정보모델을 수립한 후

이를 기본으로 하여 3D 그래픽 모델 환경의 프로토타입을 개발했으며; 마지막으로 실제 교량 구조물을 대상으로 현장 적용성을 검토했다.

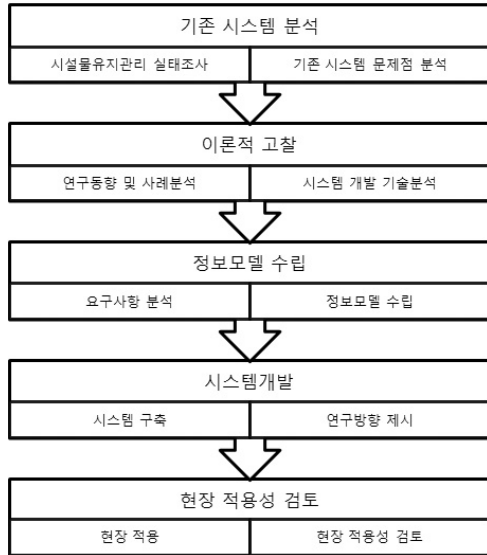


그림 1. 연구접근방법

2. 관련연구

1.1 유지관리 관련연구

건설 라이프 싸이클에서 유지보수 단계는 설계단계에서 계획되고 시공단계에서 확보된 자산적 가치를 지속하는 건물수명주기상의 한 단계이며 건설산업이 대형화, 복잡화 추세에 이르면서 성능, 안전 및 자산관리 등 다양한 측면에서 유지보수단계의 중요성이 부각되고 있다 (배영민 외, 2004). 최근들어 정부, 연구기관, 민간업체 등에서는 유지관리단계의 중요성을 인식하여 건설 PMIS 및 BIM 등의 도입과 연계하여 유지관리의 정보화를 추진하고 있으며 시설물 유지관리의 중요성에 따라서 최근 유지관리에 관한 연구가 증가 추세에 있다.

전익성 외 (2004)는 유지관리의 효과를 높이기 위해서 공공시설물의 효율적인 운영과 활용을 위해서 기존 유지관리 체계의 현황을 분석하여 현행 유지관리정보시스템의 발전방향과 개선방향을 제시했다. 이현직 외 (2005)는 정부기관에서 실행중인 GIS 데이터베이스를 기반으로 한 지하시설물관리시스템, 도로 시설물관리시스템 등의 시스템에 유지관리에 대한 기능을 추가한 응용시스템을 개발했다. 응용시스템의 사용으로 유지관리 업무환경의 고도화를 기대할 수 있으나 현장 업무용 무선통신 방식인 CDMA 방식은 데이터의 전송량과 무선통신 접속 시간에 따라 요금이 부과되기 때문에 장시간동안 무선통신을 이용하여

작업자의 위치를 관제한다는 것은 부적하므로 한정적으로 사용해야 하는 한계점이 있다. 유지관리 시스템 개발에 관한 연구 또한 활발히 진행 중이다. 장경태 외 (2003)은 현재 시행중인 유지관리 시스템의 문제점을 도출해 전자식 기술 매뉴얼 (IETM)을 활용하여 새로운 유지관리시스템의 구성 방안을 제시했다.

국내뿐만 아니라 국외에서도 유지관리 정보화를 위한 노력이 진행되고 있다. Boz' any (2003)는 컴퓨터 기반의 시설물정보시스템 (CAFI)과 자동화 시스템을 통합하여 실시간으로 시설물 정보를 처리함으로써 시설물 관리의 효율적인 운영 방안과 운영자금을 줄이는 방향을 제시했다. 또한 대만에서 Ko (2009)는 건물 유지보수 시스템에 RFID기술을 접목시켜 건축 설비의 유지관리 효과를 증명했다. 이 논문에서는 데이터 기능 관리 모듈, 통계 모듈, 예약 모듈을 웹 기반의 RFID 구축 유지보수 시스템에 통합하여 시설 및 장비 유지보수 효율을 향상시켰다.

1.2 BIM 관련연구

BIM의 활용성은 그래픽 요소와 데이터 관리 환경을 지원하는 데 있다. BIM은 물량, 비용, 일정 및 자재목록에 관한 정보를 제공하여 신속한 의사결정을 도울 뿐 아니라 환경을 고려한 데이터 분석도 가능하게 한다. 이로써 설계 오류 및 누락부분을 발견하여 설계 및 시공상 문제들에 대한 빠른 대응이 가능하게 되었으며, 시공 후에도 보다 나은 시설물 유지관리가 가능해 졌다. 또한, BIM을 활용함으로써 프로세스 향상의 효과도 볼 수 있다. BIM에서 정보공유가 원활하게 이뤄지기 때문에 좀 더 신속하고 효율적인 프로세스를 지원함으로써 프로젝트에서 생성된 요구사항, 설계, 시공 및 운용 정보는 건물의 관리측면에서 효율적으로 이용된다.

이러한 장점에 따라서 국내외에서 BIM을 건설관리에 적용하고자 하는 노력이 활발히 진행되고 있다. 김상환 외 (2009)는 실시간으로 변하는 부재 정보 관리의 어려움을 극복하기 위해서 BIM을 도입했다. BIM을 활용함에 있어서 모든 부재에 대하여 개별적으로 정보를 입력하고 입력된 정보를 통하여 산출했다. 문성우와 김상도 (2009)는 BIM을 기반으로 한 PMIS의 활용방안에 대해 기존 사례분석과 요구사항 분석을 통하여 설명했으며 기획 및 유지관리 단계 통합관리, 객체단위의 통합 정보관리 등의 기능을 장점으로 내세웠다. 강현구 외 (2009)는 시공 및 유지관리단계에서의 BIM적용을 위한 파일 구성체계에 대해 논했으며 계획 및 설계단계에서의 BIM협업, 시공단계에서의 물량산출 및 설계변경, 유지관리단계에서의 정보 검색 및 열람기능을 주된 요구사항으로 분석했다.

이승욱 (2009)은 2D CAD에서 3D CAD 그리고 건물의 전 생애주기의 정보를 통합하고자 하는 흐름이 가속화됨에 따라 통합

된 3차원 설계의 필요성을 인식하고 설계단계 업무분석을 통하여 BIM적용을 위한 필요요소를 분석하여 단기(도입) 적용방안, 중기(정착) 적용방안, 장기(확산) 적용방안으로 나누어 단계별 적용방안을 도출했으며, 조재근과 전한중 (2007)은 학교시설에서의 BIM적용의 장점과 문제점을 파악하여 효율적으로 관리할 수 있는 방법을 알아보고 건물에 대한 정확한 정보를 구축할 수 있는 방안을 제시했다. 이러한 연구는 BIM을 활용하여 현재 2D 도면의 한계점을 해결하기 위한 노력이다.

국내뿐만 아니라 국외의 경우에도 BIM에 관한 연구가 활발히 이뤄지고 있다. Fox와 Hietanen (2007)는 기존의 설계방식에서 한계에 부딪혔던 설계 자동화와 BIM을 이용한 프로그램 상호간 정보교류에 관한 연구 필요성을 논했으며, Lee 외 (2006)는 BIM을 적용하기 위해서 필요한 핵심 기능인 파라메트릭 모델링 기능을 도메인에 적용하여 설계 및 엔지니어링에 대한 지식을 BIM소프트웨어에서 생산이 가능한 방법을 도출했다.

현재까지의 BIM에 관한 연구는 설계업무를 효율화하고 시공성을 높이기 위한 방안으로 적용되고 있다. 그러나 건설사업의 라이프 사이클 관점에서 설계·시공 데이터를 유지관리에 적용해야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 교량 구조물을 대상으로 3D 모델을 구성하고, 3D 부재의 속성에 따른 관련 유지관리 데이터를 저장하고 조회하는 기능을 구현함으로써 유지관리를 위한 BIM의 적용성을 높이고자 한다.

3. 3D 모델기반의 교량 유지관리 정보처리 프로세스

3.1 요구사항 분석

건설사업 라이프사이클에서 유지관리 단계는 시설물의 건설이 완료된 이후에 진행되는 것으로서 많은 인력과 비용이 투자된 시설물을 안전하게 오래도록 사용하기 위해서 중요한 단계이다. 그럼에도 불구하고 많은 프로젝트에서 시설물의 준공 이후에는 하자보수에 의한 보수, 법규에 의한 점검 또는 단순하게 이력을 관리하고 있는 것이 대부분이다. 특히 시설물이 완공된 이후에는 건설될 당시의 시공변경사항, 변동내역, 민원사항이나 기타 특이사항에 대해서 알 수 있는 방법이 없으며 오로지 준공도서에만 의존해야 한다. 이러한 준공도서 역시 많은 자료를 포함하기는 하지만 워낙 방대하고 대부분이 종이 문서로 작성되어 있어서 정보를 신속하게 제공하기 어렵다.

시설물 유지관리에 있어서 정보를 신속하게 관리하기 위해서는 유지관리 정보의 데이터베이스화 등 다양한 요구사항을 만족시켜야 한다. 그림 2는 3D 환경의 유지관리 정보 시스템 개발

시 요구사항을 유지관리자와 시스템 관점에서 유스케이스 (Use Case) 다이어그램으로 나타낸 것이다. 시설물 유지관리 시스템을 통하여 유지관리자는 사용자 인증을 얻은 후 시스템에 접근이 가능하다. 생성된 도면, 문서, 이력정보 등 유지관리 정보는 시스템 데이터베이스에 저장되어서 접근이 가능하며, 유지관리 관련 새로운 정보를 업데이트 할 수 있다. 유지관리자는 3D 그래픽 모델을 이용하여 필요한 정보를 검색한다. 또한 현장위주의 데이터 관리를 위해서 무선 네트워크에서 신속하게 데이터에 접근한다.

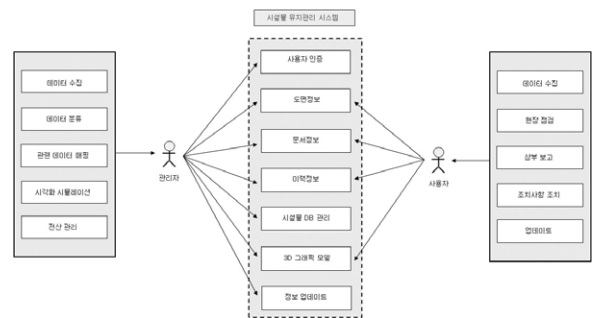


그림 2. 요구사항분석을 위한 유스케이스 다이어그램

3.2 교량 유지관리 정보처리 개선 프로세스

일반적인 시설물 관리 절차는 크게 점검계획 단계, 점검 단계, 보수작업 단계, 보수결과 업데이트 단계로 구분할 수 있다. 점검 계획 단계에서는 점검·보수 계획을 수립하고 점검시설 위치를 파악한 후 해당 시설물의 정보를 확인하고, 점검 단계에서는 실제 유지관리 현장에서 시설물 점검 업무를 수행한다. 보수작업 단계에서는 점검 단계에서 시설물의 이상 징후를 발견할 경우 시설물의 상태를 파악한 후 평가·판정을 통하여 보수가 필요하다고 판단되면 보수작업을 진행한다. 마지막으로 보수결과 업데이트 단계에서는 보수실적을 등록하고 예방 보수 계획을 작성한다.

이러한 유지관리 절차는 현장에 직접 나가 시설물의 상태를 확인해야하므로 신속히 조치를 취하기가 어려우며, 점검·보수 작업이 필요한 위치를 도면상으로 찾기도 힘이 든다. 또한 실질적인 유지·보수 정보관리가 매우 부정확하게 이뤄지고 있는 실정이다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 일반적인 시설물 관리 절차에 3D 기술을 도입하여 프로세스를 개선했다. 3D 그래픽을 활용함으로써 현장에 직접 나가야하는 과정 생략이 가능해 졌으며, 3D 시뮬레이션을 통하여 관리하고자 하는 부분을 한눈에 파악이 가능해 졌다. 개선된 시설물 유지관리 시스템 절차는 1) 기존의 2D 설계도면을 3D도면으로 변환과 2) 변환된 3D 그래픽에 대한 데이터 맵핑을 통하여 수행된다. 그림 3은 개선된 시설물유지관리시스템 절차를 상태변화도 (state transition diagram)로 나타낸 것이다.

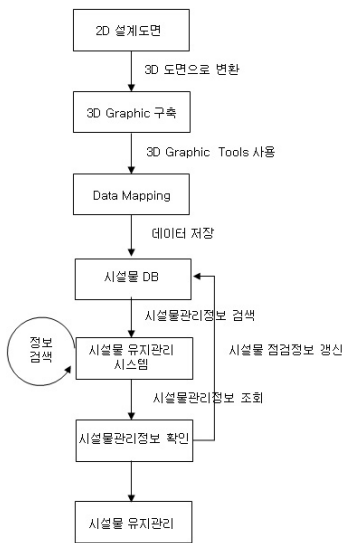


그림 3. 유지관리 정보처리 프로세스

4. 시스템 프로토타이핑

4.1 시스템 구성

유지관리에 필요한 주요 데이터를 도면정보, 문서정보, 시설물 정보, 사용자정보로 나누어 분류했다. 도면정보 분류에는 도면명, 주석, 관련법규, 시공시 주의사항, 기타 특기사항을 저장했으며, 문서정보 분류에는 인허가 관련사항, 민원서류, 수량산출서, 시방서, 내역서, 공사일보를 저장했다. 그 밖에 시설물 점검일지, 유지관리이력, 프로젝트정보, 로그인 관리 등 기능을 가진다.

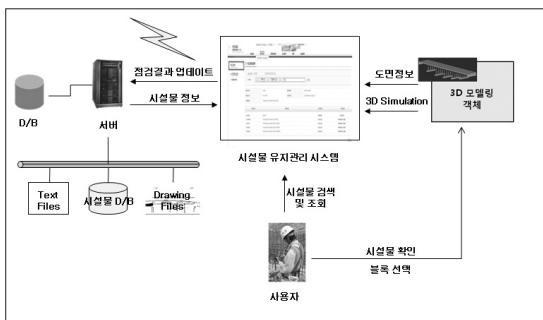


그림 4. 시스템 개념도

각각의 분류된 정보는 데이터매핑을 통하여 관련된 데이터를 상호 연동하여 조회할 수 있도록 위치 (Station), 객체번호 (Tag number), 시설물 부위 등에 따라 검색을 가능케 하여 필요한 정보를 손쉽게 얻을 수 있도록 했다. 예를 들어서, 1+220 지점의 교량 하부구조물의 객체를 3D 그래픽모델화 된 도면상에서 선택하면 지정된 특정폴더에 객체에 입력되어 있던 정보가

텍스트파일로 생성되고, 이 파일은 웹화면 상에서 자동으로 읽혀져 선택된 객체의 정보를 검색하고 사용자는 검색된 데이터 리스트를 이용하여 필요한 정보를 수집할 수 있다. 실내에서의 관리방식은 이와 같은 방법으로 얻어진 정보를 통하여 작업사항 지시, 변경사항수정과 같은 작업을 진행될 수 있으며, 현장에서는 관리자가 PDA, UMPC 또는 태블릿 PC 등을 이용하여 시스템 상에 접속하여 3D 모델과 연동하여 저장된 정보를 활용한다.

4.2 3D 그래픽 모델링

그래픽 모델링은 주된 인프라 시설물인 교량 구조물을 대상으로 캐드환경에서 작성했으며, 2D로 이뤄진 다량의 교량 구조물 도면을 분석하여 각각의 세부치수를 확인하고 전체적인 구조를 검토한 후 3D 그래픽 모델을 구성했다. 교량의 하부구조 및 상부구조의 개별 구조를 구분하여 블록화 하고 각 블록에 속성값을 부여했다. 속성값에는 블록의 위치, 객체번호, 즉 블록번호와 블록의 부위를 기존도면에 분류된 값을 이용하여 텍스트로 된 간단한 데이터로 저장했다. 저장된 데이터의 유지관리정보는 데이터매핑을 통하여 관련된 데이터를 연동하여 불러올 수 있도록 했다.

그림 5는 2D로 작성된 교량구조물을 실제 3D 그래픽으로 구성한 모습이다. 구성된 객체는 각각을 블록화하여 객체번호, 위치 (Station), 시설물의 부위를 객체 정보에 포함했으며, 객체의 특성정보를 미리 지정된 폴더에 텍스트형태로 저장되게 했다.

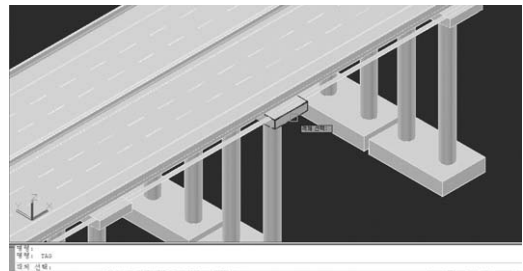


그림 5. 3D 그래픽 모델 구성

4.3 User Interface

시스템을 구축하는데 있어 기존 유지관리 시스템의 가장 큰 문제점은 사용상의 불편함이다. 기존 유지관리 시스템의 요구사항으로 편리한 인터페이스를 구축하고 불필요한 기능으로 인한 활용도 저하의 문제를 개선하기 위해 웹 화면상의 사용자 인터페이스는 요구기능을 최대한 반영하면서 불필요한 기능이나 복잡한 버튼은 제거하여 기존 시스템에서와 같이 사용자가 시스템을 이용함으로써 인해 오히려 업무량이 증가하는 현상을 줄이기 위해 노력하였다. 그림 6은 유지관리업무 지원을 위해 필요한 정보를 태그정보, 도면정보, 문서정보, 시설물D/B로 구분하여

카테고리를 구성한 인터페이스 웹 화면이다. 화면상에서 사용자는 객체의 부위를 선택할 수 있으며, 선택을 통하여 생성된 텍스트파일 폴더를 자동으로 인식하여 선택된 객체에 매핑된 관련 정보를 보여준다. 이로써 기존 유지관리 시스템을 사용하면 느꼈던 사용상의 불편함을 저하 시키는 동시에 입체적인 시설물 유지관리가 가능해 졌다.

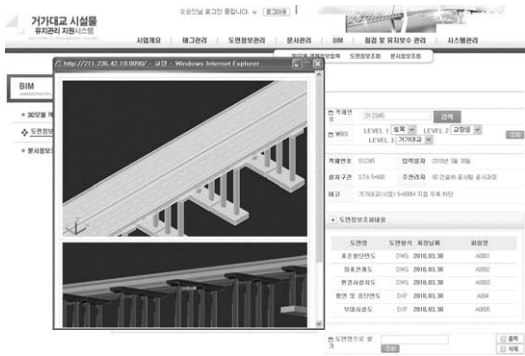


그림 6. 정보처리 환경을 위한 웹 화면

4.4 정보처리 기능

본 연구에서 제시한 3D 그래픽 모델을 활용한 교량 시설물 유지관리 시스템은 도면과 문서를 정보처리 대상으로 한다. 도면은 전자파일로, 문서는 XML 또는 PDF 파일로 서버에 저장된다. 기존 유지관리 시스템에서는 시설물의 위치, 고유번호 등을 이용해 원하는 시설물의 정보를 얻는 반면, 개발된 유지관리 시스템은 3D 그래픽으로 모델링된 객체의 블록화를 통해서 서버에 저장된 도면 또는 문서 등 시설물의 정보를 얻을 수 있다. 각 블록은 객체 고유의 객체번호, 위치정보 및 분류된 부위의 정보가 입력되어 있다. 사용자가 필요한 정보의 획득을 위해서 해당 블록을 선택하면 객체번호를 인식하게 된다. 인식된 객체번호는 텍스트파일로 누적시켜 저장하게 되며, UI를 통해 유지관리 시스템으로 텍스트파일에 있는 객체번호를 전송한다. 시스템에서는 인식된 객체의 정보를 이용하여 매핑된 관련정보의 검색을 수행하고, 사용자는 이를 통하여 데이터베이스에 저장된 관련정



그림 7. 3D 그래픽 모델과 웹 화면 연동

보를 손쉽게 활용할 수 있다. 이러한 인터페이스 환경은 현장 및 사무실에서 데이터수집, 작업사항파악, 조치 및 보고 등의 업무를 편리하게 수행하도록 지원한다.

5. 시스템 평가

5.1 시스템 평가 개요

개발된 유지관리 시스템에 객관성을 부여하고 기존 유지관리 시스템과 비교 분석을 위해 항목별 평가를 거쳐 선택된 항목으로 매트릭스 기법을 통한 평가를 했다. 이때, 5명의 전문가들이 평가를 하였으며, 이 전문가들의 건설분야 평균경력은 12년, IT 분야 평균경력은 5.5년, 유지관리분야 평균경력은 3.5년이다. 매트릭스 기법을 통한 평가를 함으로써 각 항목 사이의 중요도를 쉽게 비교할 수 있다. 항목평가는 기능성, 사용자 편리성, 경제성, 활용성, 보안성, 유지관리성, 쾌적성, 접근성, 신속성, 신뢰성의 평가항목으로 설문을 받아 작성한다. 각 평가항목은 “매우높음(5점), 높음(4점), 보통(3점), 낮음(2점), 매우낮음(1점)”로 중요도를 검토하고, 항목평가 기준은 설문결과에서 중요도가 가장 높은 순위를 선택하여 평균값이 3.5이상되는 평가항목을 선택한다. 이런 방법을 통해 기능성, 접근성, 사용자 편리성, 신뢰성, 신속성 5가지 항목이 선택되었다. 기능성에서는 시설물 관리, 시설물 점검/진단 등 시스템 기능을 평가하였고, 접근성에서는 사용자가 시스템에 자유롭게 접근할 수 있는 정도를 평가했다. 그리고 사용자 편리성에서는 시스템 사용 후 사용자의 만족도를 기준으로 평가하였으며, 신뢰성에서는 도출된 정보를 믿을 수 있는 정도를 평가하였으며, 마지막으로 신속성에서는 빠르게 원하는 시설물의 정보를 얻을 수 있는 정도를 평가했다.

5.2 시스템 평가 결과

선택된 항목을 쌍방으로 비교하여 부여된 가중치를 얻은 후, 기존 절차와 본 논문에서 제시한 3D 기반의 유지관리시스템 절차를 평가하여 점수를 계산했다(그림 8). 쌍방비교를 통하여 부여된 가중치를 살펴보면 기능성 10, 접근성 3, 사용자 편리성 6 신뢰성 2, 신속성 0으로 두 시스템 비교 시 기능성과 사용자 편리성에 중점을 둔 것을 알 수 있다. 각 항목별 기존 유지관리 시스템과 개발된 3D 기반의 유지관리 시스템을 평가한 점수를 가중치와 곱해 합산해 본 결과 기존 유지관리 시스템은 54점, 개발된 유지관리 시스템은 83점으로 개발된 유지관리 시스템이 더 효율적인 것을 알 수 있다.

A. 기능성									Importance Scale 4 Very important 3 Important 2 Little important 1 Equally important
B. 활용성		A-3		A-2					Method Evaluation Scale 5 Very excellent 4 Excellent 3 Normal 2 Deficient 1 Clear deficient
C. 사용자 편리성		C-2		B-2		A-2			
D. 신뢰성		C-2		C-2		B-1		A-3	
E. 신속성		D-2							
		E	D	C	B	A			
아이디어 압입은 평가	Subtotal	0	2	6	3	10			Total
	Weighting	0	2	6	3	10			
기본 유지관리 시스템		2	3	2	2	3			
		0	6	12	6	30			54
개방형 유지관리 시스템		5	5	4	3	4			
		0	10	24	9	40			83*

그림 8. 각 기법에 대한 효율성 평가

6. 결론

유지관리는 건설전반의 정보화의 바람과 국내 건설산업 구조의 선진국화로 인해 점차 중요성이 부각된 것이 사실이지만 건설프로젝트의 핵심요소는 결국, 기능과 비용이라는 관점에서 볼 때, 건설자동화의 도입을 통한 기능개선과 아울러 건설라이프사이클 전체의 비용절감을 위해서 매우 중요한 단계이다. 따라서 효과적인 유지관리를 위해서 관련 정보를 신속히 처리함은 물론이고 기존의 유지관리 정보체계의 개선을 통한 가치향상을 시도해야 한다.

본 연구에서는 이러한 요구사항을 충족시키기 위해서 최근 건설 산업에 적용되고 있는 BIM의 개념을 확장하여 유지관리에 적용했으며 3D 그래픽 모델을 활용한 교량 구조물 유지관리 정보 시스템을 제시하여 설계시공 시 축적된 정보를 활용하고자 시도했다. BIM에는 유지보수 및 관리 등 라이프 사이클 유지관리를 위한 근간이 되는 데이터베이스들이 들어있기 때문에 사용자가 필요시 정보를 조회할 수 있다.

연구를 위해서서 기존의 2D 설계도면을 3D도면으로 변환시켜 3D 그래픽을 구축하고 설계지원 프로그램을 사용하여 Data Mapping을 했다. 이후 시설물 DB에 도면정보를 저장하게 되면 시설물 유지관리 시스템에서 얻고자 하는 위치의 도면정보를 손쉽게 파악할 수 있게 된다. 서버에는 시방서, 매뉴얼, 도면정보 등 각종 문서가 저장되어 있으며 3D 환경의 유지관리 정보 시스템은 CAD와 웹 기술을 응용하여 설계·시공 데이터를 저장하고 조회할 수 있는 기능을 가진다. 3D 시뮬레이션 화면에서 객체를 선택하면 선택된 객체에 관련된 정보를 한눈에 볼 수 있으며 사용자는 사무실뿐만 아니라 현장에서 필요로 하는 데이터를 직접 조회하여 유지관리 활동에 활용할 수 있다.

본 연구에서 제시된 3D 환경의 유지관리 정보 시스템은 교량 현장을 대상으로 프로토타입을 개발했으며, 유지관리에 지속적으로 적용하여 필요한 개선사항을 파악해야 할 것이다. 유지관리의 다양한 요구사항을 반영하기 위해서는 유지관리 시 정보처리뿐만 아니라 시설물 검사, 예방 등 기타 유지관리 활동과 연계

하는 것이 필요하다. 또한 일상점검 등 일간, 주간 단위로 진행되는 유지관리 활동의 결과를 지속적으로 수집하여 데이터베이스에 저장함으로써 지속적인 정보 제공자 역할을 수행해야 한다. 이러한 한계점에도 불구하고 3D 환경의 유지관리 정보 시스템은 본 연구대상인 교량을 포함하여 빌딩, 지하철 등 사회간접자본 시설물에 확대하여 적용할 수 있을 것이며, 시설물의 유지관리를 보다 효율적이고 안전하게 하는 선도적인 역할을 할 것이다.

참고문헌

강현구, 이지연, 권오성, 박상준, 이아영 (2009). “시공/유지관리단계를 고려한 BIM (Building Information Modeling) 파일 구성체계에 관한 연구”, 2009년도 한국건설관리학회 정기학술발표대회 pp. 707-710

권오현 (2010). “국부 형성에 대한 건설산업의 기여 및 지역별 인프라 스톡 추계”, 건설이슈포커스

김상환, 김재준, 김주형 (2009). “BIM기반 장기수선계획 방안에 관한 연구”, 2009년도 한국건설관리학회 정기학술발표대회 pp. 620-625

김인한 (2009). “BIM의 올바른 국내 정착을 위한 제언”, 한국건설관리학회 논문집 제10권 제5호 pp. 20-25

문성우, 김상도 (2009). “BIM 기반의 캐드 데이터 활용방안”, 2009년도 한국건설관리학회 정기학술발표대회 pp. 590-593

박광재 (1991). “건축도면의 분류체계화에 관한 연구”, 건국대학교 석사학위논문

박창석 (2009). “PMIS의 효율적 구축모델을 위한 개선방향에 관한 연구”, 부경대학교 석사학위논문

배영민, 광길중, 김수정, 김재준 (2004). “시공단계 정보 활용을 통한 웹 기반 유지관리 시스템 개발” 한국건설관리학회 논문집 제 5권 제 1호 pp. 99-107

송병훈, 최석원 (2010). “USN을 이용한 가스 시설물 안전 관리”, News & Information for Chemical Engineers 제 28권 제 1호 pp. 333-335

이승욱 (2009). “설계업무 효율화를 위한 BIM 필요요소 분석 및 도입단계별 적용방안”, 중앙대학교 석사학위논문

이철규, 주기범, 김태학 (2004). “체계적 시설물 유지관리를 위한 정보관리 모델 및 시스템 구축” 대한토목학술논문집 제 24권 제 5호 pp. 777-786

이한민 (2008). “BIM 구축을 위한 건설정보 통합시스템 개발에 관한 연구”, 전남대학교 박사학위논문

- 이현직, 구대성, 유지호 (2005). "LBS 개념을 도입한 도로시설물유지관리시스템 개발" 한국지형공간정보학회 제13권 제2호 pp. 21-28
- 장경태, 정원명, 강인석 (2003). "중소규모 교량시설물의 유지관리를 위한 전자매뉴얼 구성", 2003년도 한국건설관리학회 정기학술발표대회 pp. 581-584
- 전익성, 손정락, 김경숙, 김재준 (2004). "Life-cycle Management를 활용한 공공시설 유지관리 시스템 개선방안", 한국건설관리학회논문집 제5권 제2호 pp. 55-63
- 조재근, 전한중 (2007). "BIM을 적용한 초등학교 설계에 관한 연구", 한국교육시설학회 제14권 제 3호 pp. 1-5
- 한상연 (1993). "공공시설물의 효율적 관리를 위한 종합정보시스템의 개발", 통신학술연구과제, 정보통신산업진흥원
- Boz'any, A. (2003). "Integration of Building Automation Systems and Facility Information Systems", Department of Information and Knowledge Management Budapest University of Technology and Economics H-1521 Budapest, Hungary, Manuscript no.: INF-030530-B
- Fox, S. Hietanen, J. (2007). "Interorganizational use of building information models: potential for automational, informational and transformational effects", Fox and Hietanen vol. 25 pp. 289-296
- Ko, C. H. (2009). "RFID-based building maintenance system", Automation in Construction, Vol. 18, No. 3. pp. 275-284
- Lee, G., Sacks, R., Eastman, C. M. (2006). "Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system" Automation in Construction vol. 15 pp. 758-776
- Conte, J. (2003). "Health monitoring framework and structural analysis." Workshop on Structural Health Monitoring organized by UCSD and Caltrans.
- Wang, S, xie, J. (2002). "Integrating building management system and facilities management on the internet", Automation in Construction vol. 11, pp. 707-715
- Brochner, J. (2001). "Facilities management as a special case of business service management", Facility management and service concepts : International research seminar on real estate management 29th to 30th March, pp. 12-18

논문제출일: 2010.11.05
 논문심사일: 2010.11.12
 심사완료일: 2011.01.07

Abstract

Construction projects are becoming larger in size and higher in complexity. Operation and maintenance, therefore, is an important part in providing the serviceability of the built facility from the perspective of life-cycle. This paper presents a 3D graphic model-integrated data extraction for bridge maintenance. The 3D graphic model environment assigns attributes to the member blocks in CAD, and link the attributes to the data stored in a database. Then, the user can click the member block to extract the data associated with the attributes. A prototype has been developed to test the applicability of the 3D graphic model environment using CAD and web. Application of the system in an actual bridge construction showed that the 3D graphic model environment can help the user find necessary data at a shorter time, thereby increasing the effectiveness of operation and maintenance in bridge structures.

Keywords : *facility maintenance, information extraction, 3D graphic model, bridge infrastructure, maintenance information system*
