

스마트 교량 관리시스템 개발을 위한 요구사항 및 활용 시나리오 도출

홍성철¹, 강태욱¹, 홍창희¹, 문현석^{*}

¹한국건설기술연구원 ICT융합연구소

Derivation of System Requirements and Scenario for Smart Bridge Facility Management System Development

Sungchul Hong¹, Taewook Kang¹, Changhee Hong¹, Hyounseok Moon^{*}

¹ICT Convergence and Integration Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building
Technology

요약 도시의 확장 및 인구 증가로 사회기반시설물 들의 대형화, 복잡화, 노령화가 진행되고 있다. 사회기반시설을 효율적으로 관리하고 유지비용을 절감하기 위해, 정보통신기술과 건설기술을 융합한 스마트 도시관리 기술의 필요성이 증대되고 있다. 이에 본 연구에서는 센서기술, BIM의 3차원 모델을 기반으로 한 교량 관리 시스템을 제안하여, 현행 교량 시설물 관리 시스템이 가지는 운영체계의 미흡과 정보관리의 객관성, 일관성 및 확장성의 문제를 해결하고자 하였다. 또한, 제안한 시스템의 요소기술인 센서 네트워크 기술, BIM 기술과 표준정보체계 현황을 조사하여 스마트 교량 관리시스템을 개발하기 위한 요구사항을 도출하였으며, 활용 시나리오를 제시하여 향후 개발 방향에 대해 논의하였다. 본 연구는 향후 교량 중심의 스마트 시설물 유지관리 시스템의 개발 프레임워크 구축을 위한 기초자료로써 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

Abstract The needs for smart city management technology has been increased for efficiently managing huge and complex social infrastructures. Thus, this research introduces smart bridge facility management system based on sensor and BIM technologies so that the inadequacy of current facility maintenance system and the limitations of data objectivity, consistency and expandability can be improved. For which, current trends on sensor and BIM technologies and standard information system were investigated to derive system develop requirements, and a scenario was suggested to discuss how to utilize the suggested system. Research outcomes are expected to be utilized as a preliminary research for developing the real application framework for bridge facility management.

Keywords : BIM, Bridge Operations and Maintenance, Smart City, Sensor Network, 3D Model

1. 서론

도시의 확장 및 인구 증가로 인해 사회 기반시설물들의 다양화 및 복잡화, 노후화가 빠른 속도로 진행되고 있다. 이에 정보통신기술을 활용한 시설물의 효율적 운영과 유지관리 비용 절감의 중요성이 점차 커지고 있다[1]. 하지만 현재 시설물 유지관리 업무는 문서위주의 외관

조사와 시설물 관리 및 유지를 위한 운영체계의 미비 등 많은 문제점을 가지고 있다. 또한, 현재 도시시설물 관리의 표준체계의 미비로 인해 유지관리 정보 구축의 연속성, 정보의 확장성 및 유연성과 관리의 효율성이 미흡하므로, 결과적으로 시설물의 사용연한 연장, 안정성 유지, 사용자 및 운영유지관리자에 대한 편익을 제공하는데 불필요한 예산이 소모되고 있다.

^{*}연구는 한국건설기술연구원 2015년 주요사업 (BIM/GIS 상호운영 개방형 플랫폼 개발)의 연구비지원에 의해 수행 됨.

^{*}Corresponding Author : Hyounseok Moon(Korea Institute of Civil Engineering and Bulding Technology)

Tel: 031-910-0486 email: hsmoon@kict.re.kr

Received August 3, 2015

Revised November 3, 2015

Accepted November 6, 2015

Published November 30, 2015

스마트 도시관리란 BIM(Building Information Modeling), GIS (Geographical Information System), 사물인터넷 (Internet of Things), 클라우드 컴퓨팅 (Cloud Computing) 등의 가상건설 및 정보통신기술을 지하 또는 지상에 설치되어 있는 도시기반 시설관리에 접목함으로써, 도시시설물을 효율적으로 관리 및 운영하는 통합정보관리시스템이다 [2,3]. 이중 BIM은 다차원으로 표현되는 가상공간에서 기획, 설계, 유지관리, 폐기까지 발생하는 정보를 통합하여 운영하는 것을 말한다[4]. 센서기반의 시설물관리기술은 시설물 상태를 모니터링 할 수 있는 센서 및 센서 네트워크 기술을 활용하여 능동적으로 도시시설물을 모니터링하고 관리하는 기술이다[1]. 도시 시설물의 객체 정보를 다루는 BIM과 유비쿼터스 센서네트워크 기술의 융합 기대효과는 개념적으로는 잘 정의되었고 기대효과 또한 상당할 것으로 예상된다. 하지만, BIM과 센서기반의 시설물 관리시스템을 융합하기 위한 기술은 아직 초보적인 수준으로, 도시시설물의 분류와 관리 기능 분석, 정보통신기술 접목을 위한 요구사항 분석, 또한 각각의 정보통신기술의 특성이 도시시설물 유지관리 시스템에 융합될 수 있는 프로세스 구축이 필수적이다.

국가 기반시설물에 대한 공공투자자는 국가경제발전을 위한 중요한 요소 중 하나로서 점점 더 적극적인 유지관리의 필요성이 가중되고 있다. 제한된 유지관리예산 하에서 도로 시설물의 수명을 연장하고 공용성능을 극대화하기 위해서는, 사후 유지관리가 아닌 자산관리 개념의 유지관리 시스템의 개발이 요구된다. 이런 점을 감안할 때, 센서기술과 BIM과 같은 건설 ICT 기술을 접목한 스마트 시설유지관리 시스템 구축이 시급하다.

따라서 본 연구에서는 대규모 기반시설물의 효과적인 관리 방안에 대한 방향을 설정하는 기초연구로서 도시 시설물 중 핵심관리 대상인 교량을 주요 연구범위로 설정하였다. 본 연구에서 도출된 스마트 교량 유지관리 시스템의 개발 요구사항과 이를 기반으로 활용시나리오는 향후 시스템 개발과 프레임워크 구축을 위한 기초자료서 활용될 것으로 예상된다.

2. 스마트 도시관리 관련 연구동향

2.1 스마트 도시관리 개요

스마트 도시는 현재까지 구체화되고 통일된 개념이 존재하지 않지만, 정보통신기술을 활용하여 도시문제를

해결하고 윤택한 시민의 삶이 가능하게 하는 지속 가능한 도시로 정의되고 있다(Fig. 1)[3, 5, 6]. 과거에는 교통 체증, 전력난 등의 도시문제를 도로확충, 발전소 건설 등을 통해 해결하였다면, 스마트 도시관리는 플랫폼을 통해 데이터를 수집, 분석 및 관리하여 한정된 도시자원의 최적화 분배를 통해 도시문제를 해결한다.

이를 위한 스마트 도시관리 기술은 센서기술, 유무선 통신기술, 공간정보기술, 건설관리 기술들을 융합 및 활용하여 도시 시설물들을 유지관리할 뿐만 아니라 시설물에 대한 다양한 정보를 실시간으로 제공함으로써, 공공의 이익을 보다 체계적으로 제공하기 위한 도시시설물의 통합정보관리시스템이다. 하지만, 현재의 도시시설물관리는 한정된 자원으로 낙후된 프로세스를 적용하므로 시설물 관리 효율성이 저하된다. 이에 기존 도시시설물 관리기능에 첨단 IT기술을 융합함으로써 근본적인 문제들을 해결하고, 이를 바탕으로 보다 효율적이고도 다양한 서비스의 창출이 필요한 실정이다.

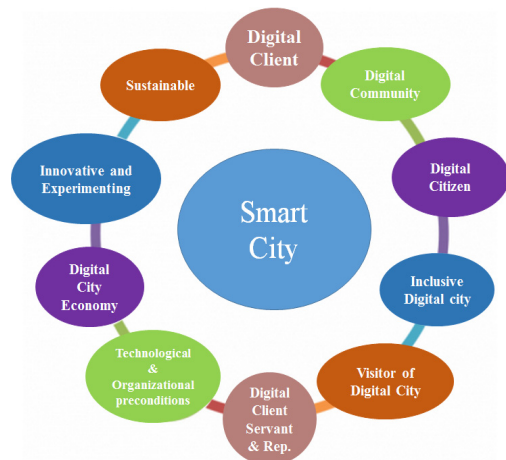


Fig. 1. Conceptual Overview of Smart city

2.2 센서기반의 도시시설물 유지관리 동향

정보통신기술의 발달로 인해 센서 또는 칩 형태의 컴퓨터가 사람, 사물, 환경 속으로 스며들고, 이들이 서로 네트워크로 연결되어 인간과 사물이 쌍방향으로 소통하는 사물인터넷 환경이 급속히 진전되고 있다[7, 8] Fig. 2. 건설분야에서는 설계와 시공, 유지관리 등 건설사업 전반의 과정에 센서기술을 접목하여 새로운 부가 가치 창출을 위해 노력하고 있다[1, 9]. 특히, 도시시설물 관리에 센서기술을 적용함으로써 구현될 수 있는 주요기능으로는 1) 시설물의 위치, 설치일자, 시설물상태 및 유지관

리, 보수현황 검색, 2) 수정된 데이터 실시간 전송, 3) 시설물의 추가, 삭제, 위치이동 등 현장에서 업무 수행, 4) 항목별 통계기능을 통한 시설물 관리 등이 있다. 따라서 이러한 센서기술을 국가 기반 시설물에 적용한다면, 센서데이터에 의한 정확한 시설물 관리, 주관적 의사결정 최소화, 자동계측을 통한 운영비 절약, 유지관리 정보의 체계화, 긴급 상황에 대한 신속한 대처 등을 가능하게 할 것으로 예상된다. 최근에는 사회기반시설의 중요 부재에 CCTV, 변위, 온도, 및 습도 등의 다양한 센서를 부착하여 현장의 시공 상황과 유지관리 계측상태를 모니터링하고 관리하기 위해 BIM 기술을 융합하는 연구를 수행한 바 있다 [10, 11]. 이러한 기술에는 센서 노드 정보들로부터 얻는 데이터를 구성하는 표준화 기술과, 해당 시공 현장의 3차원 모델링 기술, 센서데이터의 실시간 수집과 동기화를 위한 ADC(Automatic Data Collection) 기술 등이 포함된다.

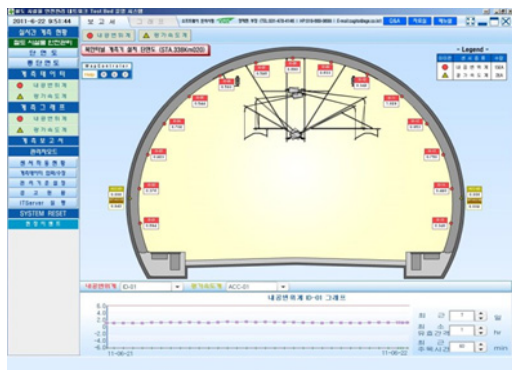


Fig. 2. Example on Sensor based Facility Management System for Mil-Yang Tunnel [12]

2.3 BIM을 활용한 도시시설물 유지관리

BIM은 시설물의 주요 객체를 3차원 모델로 표현하고 주요 속성정보와 함께 표준화된 포맷으로 저장하여 활용한다. 초기의 BIM은 단순 구조물의 3차원 모델 구축, 경관검토를 위한 3차원 컴퓨터 그래픽과 주행시물레이션 등을 구현하는 정도로 활용되었다. 특히 사회기반시설물 분야의 BIM은 프로젝트의 효율적 관리 및 운영을 위한 필수적인 도구로서 활용될 수 있을 것으로 기대되고 있으나, 현재의 기술로는 그 활용범위가 설계 및 시공단계에 한정된다. 만약 모든 프로젝트 단계 정보가 통합되고 활용되는 유지관리단계에서 BIM을 활용할 경우 그 효과는 클 것이다.

교량 및 터널을 포함하는 대형토목시설물 분야의 BIM 기술적용 및 개발은 아직 정착단계로, 시공 중심의 민간 대형건설사와 일부 공공기관에서 자체적으로 시범 적용하고 있다. 또한, 준공 이후 단계인 유지 및 자산관리 측면에서의 BIM 활용 및 표준구축 체계는 미흡한 상태이다. 따라서 BIM 관련 기술을 시설물 유지관리에 적용한다면 정보관리의 효율성 증대와 협업을 증진시키고, 프로젝트 비용절감 및 효율적인 시공관리, 체계적인 유지관리 등이 가능할 것으로 기대된다[13, 14]. 시설물 관리에 BIM 기술을 적용하기 위해서는 건설관리 주기에서 정보전달 프로세스의 개선, 전달되는 데이터의 정확도 개선, 형상 및 정보의 표준화와 전문인력양성의 문제점을 해결해야 한다 [15]. 따라서 도시시설물에 BIM 및 첨단 IT기술을 활용한 기술의 개발은 국내 건설산업의 국제 경쟁력 향상에 도움이 될 것이라 판단된다.

2.4 도시시설물관리를 위한 표준 정보 분류

체계 현황

건설정보의 표준화는 건설생산물 자체에 대한 표준화된 산출모델과 그 과정에 대한 표준화된 절차모델, 그리고 관련된 자원에 관한 표준화를 포함한다. 하지만, 국내의 경우 건설정보분류체계에 대한 관심도와 적용 현황은 매우 저조하다. 대형 건설사 또는 발주처의 경우 독자적 개발 또는 해외분류체계를 그대로 사용하는 등 서로 상이한 분류체계를 사용하고 있는 실정이다.

분류체계 통합에 대한 대표적 연구로서 건설정보분류 체계에 대한 연구가 한국건설기술연구원을 중심으로 하여 1980년 후반부터 연구가 진행되어 2001년 대·중분류 수준의 통합건설정보분류체계 적용기준을 건설교통부 공고로 발표하였다. 이후 기본적인 분류체계에 대한 틀은 정해졌지만 객체기반의 정보체계를 구축하고 있는 BIM 도입에 적용하기에는 세부 항목들에 대한 분류와 위계의 구성이 아직은 미흡한 실정이다. BIM과 센서기술을 활용하여 도시시설물들을 유지관리하기 위해서는 시설물뿐 아니라, 시설물의 공간, 부위, 관리 등에 대한 분류체계의 표준 개발이 선행되어야 할 것이다. 특히 BIM의 경우, 시설물의 단위를 객체 위주로 표현된다는 측면에서 시설물관리의 수준과 객체에 대한 LoD(Level of Detail)을 맞추기 위한 추가적인 연구와 사회기반시설물들의 형상, 속성, 기능 및 프로세스를 통합하기 위한 IFC와 같은 공용표준 (Table 1)의 개발이 선행되어야 한다.

Table 1. Standard for Information Exchange

Type	Name
STEP	Standard for computer-interpretable representation and exchange of product manufacturing information.
IFC	Standard for a conceptual data schema and an exchange file format for Building Information Model (BIM) data
CIS/2	a product model and electronic data exchange file format for structural steel project information
SCADEC	Japan standards for CAD data exchange in construction field
KOSDIC	Korea Standard for CAD Drawing Information exchange in Construction field

3. 스마트 교량 관리시스템 구축요건

3.1 교량 관리시스템 개요

교량시설물 관리업무는 교량 건설을 위한 기획단계에서 시작되어 설계, 시공 및 운영, 유지보수, 개보수를 거쳐 해체 단계까지 계속된다. 교량은 용도, 재료, 구조형식 등에 따라 다양한 형식(Table 2)을 구성하므로, 유지관리 시 각 교량이 가지는 특성을 고려해야한다. 교량의 유지관리는 교량 구조물의 이상 및 손상 등 결함을 조기에 발견하여 적절한 조치를 취하는 것과 향후 유지관리에 필요한 자료를 획득하는 것을 목적으로 한다. 교량의 유지관리의 세부적인 목적은 다음과 같다.

Table 2. Classification of Bridge Type

Type	Name
Action	Beam bridges
	Cantilever bridges
	Are bridges
	Cable-stayed bridges
	Truss bridges
Material	Concrete bridge
	Steel bridge
	Timber bridge
	Composite bridge
Purpose	Road bridges
	Rail bridges
	Rail and road bridges
	Pedestrian bridges
	Aqueduct
Support Type	Simply supported bridges
	Continuous bridges
	Fixed bridges
	Cantilever bridges

- 교량의 설계목적에 부합된 안전성 확보 및 보장

- 교량 상태의 체계적이고 주기적인 모니터링
- 교량 구조물의 손상 발견 및 향후 발생될 손상 예측
- 보수, 보강, 개축 등의 의사결정에 필요한 자료제공
- 합리적인 유지관리 계획 수립 및 예산의 최적분배
- 축적된 점검결과 분석을 통한 교량의 개선

상기의 교량타입을 공통적으로 포괄하기 위해 객체분류체계를 구성하고 IFC4 (ISO 16739)를 기반으로 한 공용 포맷을 개발한다. 여기에는 각 교량의 특성정보를 외부 속성으로 참조하도록 Property Sets을 구성한다. 특히 각 교량의 특성에 따라 부착되는 센서노드 정보는 위치정보를 포함해야하고, 실시간으로 수집되는 센서정보를 체계적으로 구성하도록 센서정보 표준이 구성되어야 한다. 이러한 표준 기술 개발을 통해 기존 교량 유지관리시스템을 고도화할 수 있다. 이를 통해 사용자 측면에서의 유지관리 효율성과 정보의 지속적 갱신에 따라 새로운 유지관리 서비스를 구성할 수 있다.

3.2 교량 관리를 위한 센서기술

국가기반 시설물의 유지관리는 수시점검, 일상점검 및 정기점검을 통해 유해요인을 제거하고, 손상된 부분을 원상 복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 추가시설을 함으로서 이용자의 편의와 안정을 도모하기 위한 것을 목적으로 한다. 일반적인 국가 기반시설물에 적용되고 있는 센서기술 및 통신기술의 적용 절차는 다음과 같다.

- 계측센서의 선정
- 센서의 속성정보 정의
- Network Data 통신설비 구축
- Database Server, 센서데이터 분석 Tool 선정
- 계측데이터 통합관리시스템 구축

다양한 종류의 센서를 선정하기 위해 고려해야할 사항은 계측 데이터 처리주기, 식별코드, 계측 빈도, 계측 정보, 대표 값 (최대값, 최소값, 최빈값, 평균값, 측정시간 등), 데이터 취득 (동적/정적) 방법, 설치위치 및 간격 정보 (시설물 위치정보, 부재명 및 부재위치 정보, 설치공간, 설치간격) 등이 있다. 이와 같이 교량 센서는 주로 계측중심의 수치적 데이터관리 기반으로 운영된다. 이러한 데이터는 교량의 유지보수 정보로 활용되기에는 제약

이 있어 센서의 모니터링 정보를 분석하여 공용수명을 예측하거나 보수보강 공법 및 비용을 산정하기 위한 프로세스 개선 기법이 필수적으로 포함되어야 한다. 단순히 단일 모듈로 부착되는 센서가 아닌 센서 간 자율 통신이 가능해야 하고 센서로부터 수집된 정보는 LTE망과 같은 무선통신을 활용하여 실시간으로 전송되도록 설계해야 한다. 교량에 적용되고 있는 주요 센서의 종류와 기능은 다음 표와 같다.

Table 3. Configuration of Sensor Types

Type	Name
Acoustic emission sensor	generally used to detect small amounts of energy that are released from damages such as crack initiation, crack propagation, and corrosion, etc
Fatigue Sensor	designed to detect the growth of fatigue cracks in metal at a specific location on the bridge of interest
Strain Gauges	gauges measure the relative stretching of a small segment of material
GPS	used either in conjunction with other monitoring systems, or to give a qualitative description of the behavior of the bridge.
Tiltmeters/ Inclinometer	used to monitor pier behavior in response to temperature changes and loading conditions, and also used to measure displacement by integrating the slopes along the span of the bridge
Ultrasonic C-Scan	used to locate voids in grout and corrosion in post-tensioned bridge tendons
Vibrating Wire Strain Gauge	to measure the strain at a point by monitoring the changes in vibration properties of a tensioned wire attached to the bridge

3.3 부재단위의 객체 지향형 유지정보

관리체계 구축

BIM은 객체(또는 부위)를 중심으로 하는 모델링기법으로써, 부재 중심의 분류체계는 BIM과 연계된 정보관리 체계에 효율적으로 활용될 수 있다. 따라서 교량의 통합 유지관리를 위한 선행요건으로 건설정보분류체계를 BIM과 연계시킬 방향에 대하여 모색해야 한다. 이를 위해서는 각 유지관리업무의 정보관리 수준에 따른 적절한 모델링 수준과 통합된 정보분류체계의 적용이 우선되어야 한다.

교량은 구조적으로 상부구조와 하부구조로 구분되며, 부재 중심의 정보분류체계에서는 대분류, 중분류, 소분류로 분류할 수 있다. 대분류는 각 교량을 구성하는 전체 부재로써 구조적으로 중요역할을 하는 부재를 그룹별로 구분한다. 중분류는 대분류로 분류된 부재를 세부적으로 관리하기 위해 위치별로 구분한 분류라 할 수 있다. 중분

류는 교량유지관리 시스템의 목적에 따라 개별 부재로 분류될 수 있으며, 각각의 개별 부재는 주부재, 2차부재, 보조부재 등 세분류, 세세분류로 구분하여 적용할 수 있다. 세세한 분류체계의 적용은 관리의 정확도를 향상시킬 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 분류 체계가 활용 목적 이상으로 세분될 경우, 정보의 수집 및 관리가 비효율적일 수 있으므로, 활용용도 및 기능에 따른 분류체계가 수립되어야 한다. 또한 BIM의 형상은 작업단위가 아닌 객체단위로 구성되므로 기존 부재단위를 세부 부재단위로 분할하여 위계를 정의해야 한다.

BIM에서 지원하는 3차원 객체지향 모델을 이용한 교량 시설물의 유지관리는 최근 정보 시스템이 객체지향 모델 기반으로 구축되고 있고, 시설물 관리를 위한 센서 기술이 주로 부재의 변위와 위치를 계속하고 있으며, 시설물 유지관리 업무가 부재를 중심으로 운영되고 있다는 측면을 고려할 때, 교량 시설물의 유지관리에 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서 제안하는 교량관리시스템은 부재 요소들의 3차원 모델, 센서네트워크, 그리고 기존 시설물관리 시스템의 시설물 정보를 기반으로 구축된다[Fig. 3]. 제안한 시스템은 3차원 정보모델과 기존의 시설물 관리 시스템에 축적된 준공 성과품 및 공사 이력정보를 활용한다. 또한, 센서네트워크에서 전송하는 다양한 계측 및 점검 정보를 3차원 모델 기반 통합 데이터베이스와 연계하여 효율적이고 체계적인 교량 시설물 관리를 지원하도록 설계하였다.

3.4 스마트 교량 관리시스템 활용 시나리오

본 연구에서는 앞서 기술한 센서기술과 BIM의 3차원 객체모델과 교량 관리시스템 구축 요구조건을 기반으로 각각의 기술이 하나의 통합시스템으로 운영되기 위한 시나리오를 도출하였다. 교량시설물 유지관리업무에서 발생할 수 있는 유지관리절차는 다음과 같다.

1. 콘크리트 계측센서를 통한 이상 감지(Fig 4)
2. 센서의 속성정보를 활용한 부재 및 부재위치 확인
3. CCTV 또는 현장 검증을 통한 손상정보 확인
4. 3차원 객체모델에서 이상신호가 감지된 교대의 유지관리 이력 정보 조회
5. 시설물 안전관리 기준에 따른 교대 안전진단에 필요한 점검부위 및 손상의 종류 확인

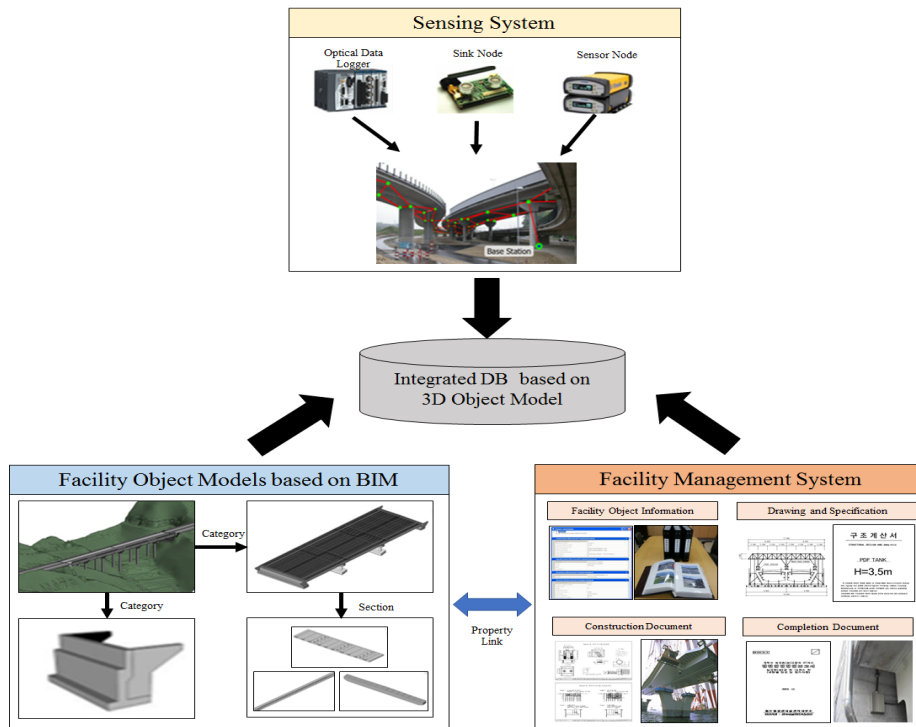


Fig. 3. Conceptual Overview of Bridge Facility Management System based on 3D Object Models and Sensor Technology

6. 시설물 안전관리 기준에 따른 균열 및 변위에 대한 상태평가
7. 손상내용을 해당 3차원 객체모델에 업데이트
8. 보수 및 보강 필요 규모 및 공법 평가 및 선정
9. 보수 및 보강 공사 실시
10. 통합유지관리시스템에 유지관리 정보 갱신

현행 시설물 관리시스템과 비교할 때, 본 연구에서 제안한 센서기술과 3차원 객체모델을 융합 및 통합한 교량 유지관리 정보시스템의 구축은 정보의 유지관리 측면에서 다음과 같은 효율성을 가진다.

- 시설물 유지관리의 전문성과 객관성 확보
- 3차원 객체모델 기반의 통합적 도시시설물 관리
- 체계화된 유지관리정보체계 구축으로 인한 예산 절감 및 효율적 집행
- 현장 방문 또는 육안검사 대비 업무효율성 증진
- 실시간 정보공유를 통한 이용자 편의성 도모
- 자산관리 정보로 확장 및 정보손실 최소화

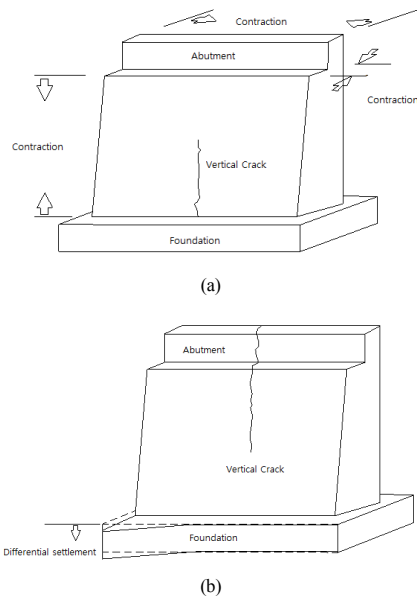


Fig. 4. Examples of Possible Cracks in Concrete Bridge:
(a) Vertical Crack by Contraction,
(b) Vertical Crack by Differential settlement

4. 결론

건설사업 분야에서 센서기술은 노무 인력 및 안전 관리, 토사반출관리, 장비 운행 관리 등 다양한 분야에 걸쳐 활용되고 있다. 또한 BIM은 건설 전 생애주기를 관리하는 새로운 패러다임으로, 건축분야에서 벗어나 점차 사회기반시설물로 적용 범위가 확대되고 있으며, 건설생애주기 중 가장 넓은 범위를 차지하는 유지관리 단계까지 확장해가는 추세이다. 최근 다양한 도시문제를 해결하기 위해 물리적인 시설물 확장이 아닌 정보통신기술의 적용을 통해 도시의 효율성을 높이는 스마트 도시관리 기술의 개발 필요성이 증대되고 있다.

이에 본 연구에서는 센서기술과 BIM 기술 기반의 교량 시설물 관리시스템 개발 요건과 활용 시나리오를 도출하였다. 제한한 시스템은 교량의 주요 부재에 변위계, 침하계, 균열측정기, CCTV와 같은 다양한 센서를 설치하여 시설물의 상황정보를 실시간으로 모니터링 한다. 구축된 시설물 센서데이터는 3차원 객체모델과 시설물 관리 데이터베이스와 연계되어, 교량 시설물 유지관리 업무의 효율성과 편의성을 증대시키는 물론, 체계적이고 일관된 유지관리 체계를 구축함으로써 향후 시설물 관리의 일관성과 객관성을 증대시키도록 설계하였다.

하지만, 스마트 교량 관리시스템을 구현하기 위해서는 다양한 환경요인(예, 바람, 온도, 배터리 성능)의 변화에서도 정확하고 일관적인 정보를 제공할 수 있는 센서 기술의 개발이 필요하다. 또한, BIM 기술이 설계 및 시공 단계에서 유지관리 단계까지 확장되기 위해서는 건설 정보와 도면정보 상호 호환표준 개발, 설계-시공-유지관리로의 정보 체계화, 교량 시설물의 3차원 모델 구현을 위한 LOD 정의 등의 추가연구가 필요하다.

References

- [1] T. H. Kim, Y. S. Oh, H. S. Choi, S. K. Ryu, "Development of Intelligent Facility Management Technology based on Sensing Data", Journal of Korean Society of Civil Engineers, 61(4), pp. 30-39, 2013.
- [2] W. K. Lee, "Smart City Management using Big Data", BDI Focus, 190, p.1-12, 2013.
- [3] J. Y. Lee, "Current Trend of Smart City Advanced with Internet of Things", Land Information Digest, 403, pp. 42-48, 2015.
- [4] I. H. Kim, "BIM in Ubiquitous City", Architectural Institute of Korea, 53(1), pp. 42-48, 2009.

- [5] A. Caragliu, C. Del Bo, N. Pete, "Smart Cities in Europe", Journal of Urban Technology, 18(2), pp. 65-82, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- [6] IBM, Smarter Cities. c2015 [cited 2015 July 28], Available From: http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/smarter_cities/overview/ (accessed 28 July 2010)
- [7] M. W. Pyun, "Ubiquitous GIS for Construction Application", Architectural Institute of Korea, 52(6), pp. 48-51, 2008.
- [8] C. K. Hwang, "Prospect of Construction Industry in the Era of Ubiquitous Society", Journal of Korean Society of Civil Engineers, 55(5), pp. 95-104, 2007.
- [9] D. S. Seo, M. W. Seo, S. H. Baek, T. H. Kim, "A Study for Integrated Management Service for Urban Facilities based on Sensor and Spatial Information", Conference on Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography, pp.271-274, 2011.
- [10] L. S. Kang, S. B. Ji, J. K. Kim, H. S. Moon, J. S. Moon, and S. G. Kim, "Development of 4D CAD Link System for Measuring Data in Construction Project", 2007 Proceeding of Korea Society of Civil Engineers, pp. 3201-3204, 2007.
- [11] S. W. Moon, S. D. Kim, and M. K. Kim, "Application of a 3D Graphic Model for Bridge Maintenance", Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management, pp. 64-71, 2011.
- [12] Expert Group for Earth and Environment, Facility Management System for Milyang Tunnel, c2015[cited 2015 July 28], Available From: <http://www.egeit.co.kr/>
- [13] J. H. Kim, S. G. Ji, T. H. Jeong, J. W. Seo, "A Feasibility Study to Adopt BIM-based Infrastructure Management System," Journal of Korean Society of Civil Engineers, 34(1), pp. 285-292, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12652/Ksce.2014.34.1.0285>
- [14] Y. I. Baek, "Infrastructure and BIM," Journal of Korean Society of Road Engineers, 13(2), pp. 38-41, 2011.
- [15] H. K. Ahn, S. K. Lee, J. H. Yu, "The problem of using BIM data for facility management", Conference on Korean Institute of Building Construction, pp.139-140, 2012.

홍 성 철(Sungchul Hong)

[정회원]



- 2005년 5월 : 위스컨신주립대 토목 환경공학과(지형공간정보공학 석사)
- 2010년 12월 : 위스컨신주립대 토목환경공학과(지형공간정보공학 박사)
- 2013년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

지리정보시스템, 3차원 실내외 모델구축, 정보통신

강 태 욱(Tae-Wook Kang)

[정회원]



- 2005년 2월 : 숭실대학교 소프트웨어공학 (공학석사)
- 2009년 3월 : 중앙대학교 건설환경공학 (공학박사)
- 2010년 6월 ~ 2011년 5월 : 중앙대 겸임교수
- 2011년 6월 ~ 2012년 6월 : 한길아이티 BIM본부장

• 2012년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

CAD, CAM, BIM, GIS, Computer Graphics, SW공학

홍 창 희(Chang-hee Hong)

[정회원]



- 1998년 2월 : 인하대학교 토목공학과 대학원 (공학석사)
- 2002년 2월 : 서울대학교 토목공학과 대학원 (박사수료)
- 1999년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 연구위원

<관심분야>

BIM, GIS, BIM-GIS 상호운용

문 현 석(Hyoun-Seok Moon)

[정회원]



- 2006년 2월 : 경상대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2009년 8월 : 경상대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2009년 8월 ~ 2011년 1월 : Teesside University (UK), CCIR센터 방문연구원
- 2012년 2월 ~ 2013년 1월 : University of Michigan, Post-Doc.

• 2012년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구소 수석연구원

<관심분야>

BIM, 건설관리, 프로세스 최적화, 4D CAD