

GSIS를 이용한 교량 유지보수 이력관리 체계 개발에 관한 연구

A Study on Development of Bridge Maintenance and Management System Using GIS

유복모* 주현승**
Yeu, Bock-Mo Joo, Hyun-Seung

ABSTRACT

Collapse of a huge structural material has brought about enormous loss of lives and property. Every construction may be destroyed by the nature's power and careless mistake of human as well as its own defect. So a great number of concern and detailed managing technique are demanded not in constructing work but also in management of constructed material. The interest of construction safety has increased rapidly and a plenty of effort has been attempted to manage systematically.

In this study, the use of FM(Facilities Management) as a branch of GSIS(Geo-spatial Information System) was developed to offer the users convenient managing achievement and establishment of history managing system in the bridge management system. This study accomplished dividing all information of images, photos, drawing and etc. into their items of time, material and the person in charge, and developed to store and maintain those items in database.

Related database which is composed of recording of check, retrieving and adding the data was accomplished to an easy access of database, and by using these data as output for example images, screen display, report and hard copy, this system was proved to help manage efficiently in bridge management system.

Keywords : Geo-spatial Information System, Facilities Management, Bridge Management System, RDBMS

要 旨

거대 토목구조물의 붕괴는 막대한 인명 및 재산의 피해를 초래하게 된다. 모든 구조물은 자체의 결함뿐만 아니라 자연의 힘이나 인간의 실수에 의해서도 파괴될 수 있기 때문에, 건설 중이나 건설 후에도 세심한 관리가 필요하며 건설 후의 유지보수에도 많은 관심이 요구된다. 우리나라에서도 건설안전에 대한 관심이 급증하여 토목구조물에 대한 유지관리를 체계적으로 관리하기 위하여 많은 노력이 시도되고 있다. 본 연구는 지형공간정보체계(Geo-Spatial Information System ; GSIS)를 이용하여 교량관리의 편의성 제공 및 유지보수 이력관리를 체계화하기 위해 수행되었다. 각종 도면과 부재에 대한 정보를 항목별로 분류하여 자료기반화 하였으며, 이들 자료에 대한 관리를 효율적으로 수행할 수 있는 체계를 구축하였다. 본 연구는 이들 관련자료의 기록유지, 보완, 첨가 등을 관계형 자료기반으로 구축하여 영상이나 도면, 이력정보관리 화면 등을 통하여 기록된 자료에 손쉽게 접근하여 유지보수 이력관리에 효율성을 도모하고자 하였다.

핵심용어 : 지형공간정보체계, 시설물관리체계, 교량 유지보수 이력관리, 관계형 자료기반

* 연세대학교 토목공학과 교수

** 연세대학교 토목공학과 박사과정

1. 서 론

본 연구는 교량 위탁관리 사업설계서에 준하여¹⁾2) 유지관리 및 일상적 보수의 이력을 도면 또는 모형화 등의 특정 자료기반으로 구성하며 교량점검 일정관리 프로그램 등을 적용하여 교량을 효율적으로 관리하고자 하는데 그 목적이 있다.

전체 부재에 대한 영상 정보를 내장하여 3차원 영상면에서 각 부재별로 연결하고, 각 부재에서 도면 또는 사진으로 연결되는 체계적인 관리가 가능하며, 이러한 영상자료를 정보화 함으로써 타 체계의 자료기반과의 연계가 가능하다. 각 부재별 일상적인 점검과 신축 이음부의 점검, 포장상태 및 소성상태의 변화, 철구조물의 부식정도 파악, 교각 콘크리트의 균열 및 유속에 의한 침식정도, 상판의 진동감지 등 부재의 마모도를 일목요연하게 판단하는데 도움을 준다.

국내의 교량 유지관리 연구를 살펴보면 이상원(1995)은 전문가 체계를 이용하여 교량의 유지관리에 관한 연구를 수행하였고, 김민수(1996)는 교량의 계층 유지관리를 위한 동적 데이터의 평가에 대한 연구를 수행하였다. 이수연(1998)은 GIS를 이용한 교량관리체계 개선에 관한 연구를 수행하였다. 또한 김웅태(1998)는 효율적인 교량 유지관리를 위한 통계적 분석에 관한 연구를 수행하였다. K.Sekioka(1993)는 GIS 데이터를 기반으로 하여 도로 유지관리에 대한 연구를 수행하였고, J.Runder, C.Tudan(1995)은 자원 유지관리에 대한 LIS 자료기반을 구축하였다. Maaza Mekuria(1995)는 도로상에서 ISTEА 유지관리를 해결하기 위한 GIS/LIS의 적용에 관한 연구를 수행하였다.



그림 1. 돌산대교 위치도

이를 기반으로 하여 본 연구에서는 교량을 3차원으로 모형화하여 사용자가 입체적으로 교량을 탐색할 수 있는 관리 체계에 관한 연구를 수행하였다. 기존의 교량 유지보수 이력관리는 점검자가 직접 일일점검일지를 작성하고 이를 보관하여 관리하여 왔다. 이러한 종래의 방법은 시간의 흐름에 따라 일일점검일지가 방대해져 필요시 조회가 용이하지 않고, 준공 이후 시간이 지남에 따라 점검자 및 관리자의 이동으로 인해 지속적이고 통일된 관리체계가 이루어지지 않았기 때문에 이의 개선을 위하여 교량 유지보수 이력관리 체계를 연구하였다.

본 연구는 교량관리에 편의성을 제공하고 유지보수 이력관리의 체계화를 확립하는데 있다. 교량관리를 시각적인 3차원 표현에 의해 관리함으로써 영상자료, 도면, CAD 자료의 자료기반 구축을 통해 관리 업무를 효율화하며, 유지관리, 일상점검, 이력 등을 실시간 모형화로 구현하여 사용자의 편의와 효율성을 증대시킨다.

개발 효과로는 부재별 일상점검 및 보수이력을 관리하고, Autoscope 체계에서 분석된 교통량 정보를 입수하여 분석하는 것이 가능하다. 유지보수 이력관리의 업무 효율화를 통해 소요시간을 단축시키며, 자료기반 구축을 통한 타 체계와의 자료호환을 용이하게 한다. 3차원 실시간 모형화를 통해 이력관리 제공을 용이하게 하며, 방문객에 대해 교량관리의 실질적 정보를 제공하여 대인 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 또한, 본 체계에는 교량관리 일정의 자동검색으로 검사일전에 사용자에게 검사일을 통보하도록 하는 기능도 포함하고 있다.

1.1 연구 대상지 선정

본 연구의 대상으로 채택한 교량은 국도 17호선(돌산-양지간)에 있는 돌산대교로써 전남 여천군 돌산면 우두리를 시점으로 하고 전남 여천시 남산동을 종점으로 한다.

교량의 연장은 450.2 m이고, 폭은 11.7 m인 상부구조는 사장교, 하부구조는 콘크리트 구조이다. 그림 1은 돌산대교의 위치를, 그림 2는 돌산대교 전경을 나타내었다.

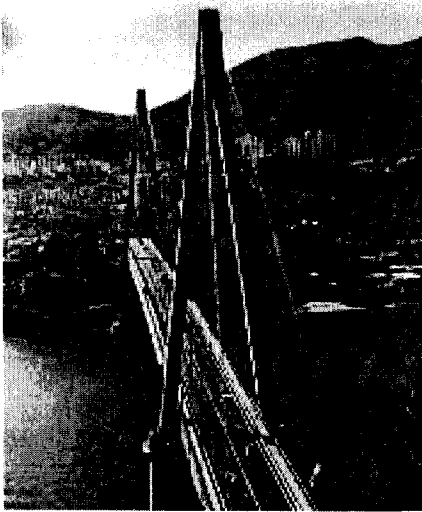


그림 2. 돌산대교 전경

표 1. 시설물관리체계의 분류

항 목	세부 사항
교량 시설관리	교량 시설관리, 교량 상태진단, 교통량 분석, 교량 설계검토, 안전진단
도로 시설관리	도로 시설관리, 도로 상태진단, 도로교통 분석, 도로 계획평가 자료제공
철도 시설관리	철도 운행정보, 수송량, 화물탁송관리, 기반시설물 정비 관리, 배차망 분석
공항 시설관리	활주로 정비, 관제탑 유도시설, 창고 및 부대 시설관리
항만 시설관리	항로 정비, 항내 시설 정비, 등대 및 항만시설 운영, 배후지 교통연계 정보
기타 시설관리	상수도 시설관리, 하수도 시설관리, 전화 시설관리, 전력 시설관리, 가스 시설관리 등

2. 지형공간정보체계(GSIS)

2.1 시설물 관리 체계

(FM : Facilities Management)

시설물 관리체계는 공공시설물이나 대규모의 공장, 관로망 등에 대한 지도 및 도면 등 제반 정보를 수치 입력하여 시설물에 대한 효율적인 운영 관리를 하는 종합적인 체계를 말한다(3)4). 시설물 관리체계의 경우, 축척이 1/500 정도의 지형도와 시설도를 사용하기 위해, 예를 들면 지방 대도시의 경우 약3천 매, 수도권권의 경우 약1만 매 정도의 도면을 수치정보화해야 한다. 따라서 지료기반 구축에 대단히 많은 경비가 소요되기 때문에 효율적인 도면자동화의 개발이 요구되고 있다. FM은 교량 시설관리, 도로 시설관리, 철도 시설관리, 공항 시설관리, 항만 시설관리, 기타 시설관리로 분류되며 그 세부적인 사항은 표 1.과 같다(5)6).

3. 교량 유지보수 이력관리 체계

본 연구에서 개발한 체계는 그림 3과 같으며 교량

유지보수 이력관리 체계의 하드웨어 구성도로서 1 개의 서버(server)와 네트워크로 연결된 2개의 주변 컴퓨터로 구성되어 있음을 보여준다.

서버 내에 탑재된 자료기반인 오라클(Oracle)에 Ethernet을 통하여 2대의 컴퓨터로 교량상태 이력정보를 입력 및 조회할 수 있다. Engineering Workstation에서는 유지보수 이력자료, 교량 영상자료, 각 부재에 대한 이력자료, 도면정보, 사진정보, 교량점검에 대한 일정관리 프로그램을 구동하여 상기한 업무를 수행하며 작업자가 일일점검의 결과를 입력할 수 있다.

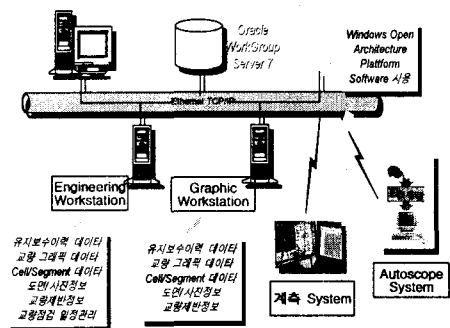


그림 3. 교량 유지보수 이력관리 체계의 하드웨어 구성도

또한 Graphic Workstation 은 작업에 직접 참여하지 않는 일반 사용자들에게 제공되어 그 시점까지의 각종 교량에 대한 이력정보를 조회만 가능하도록 하였다.

3.1 이력관리 체계 구축 환경

교량유지보수 이력관리 체계를 구축하기 위해 본 연구에서 조합한 하드웨어 환경과 소프트웨어는 표 2 와 같다.

그림 4는 본 연구의 전체 흐름도로서 유지보수 이력관리 체계의 주흐름도이다. 교량 탐색기는 교량의 부재나 부재에 관한 정보를 텍스트 환경에서 관리하는 프로그램이며, 3차원 탐색기는 교량의 부재나 부재에 관한 정보를 3차원 입체모형을 구현하여 관리하는

표 2. 교량 유지보수 이력관리 체계를 위해 조합된 하드웨어 및 소프트웨어

하드웨어	서버	삼성 PP610 Server Pentium Pro 200 MHz CPU 256 KB Cache Memory 64 MB Main Memory SCSI 2.1 GB, 4.2 GB HDD 4X SCSI CD-ROM 4GB SCSI DAT
	클라이언트	Intergraph TDZ-400 DS Pentium Pro 200 MHz Dual CPU Network Card SCSI 2 GB HDD CD-ROM & PCMCIA Interface GLZ-5 Graphic Accelerator
	모니터	21" Intergraph Graphic Monitor 15" 삼성 Color Monitor
		16 포트 허브(Port Hub)
	프린터	Hewlett Packard 4MV A3 지원, 600 DPI 해상도 Network 지원
	스캐너	MicroTek ScanMaker III 2400 DPI, Film Scan
소프트웨어	자료기반 관리체계	ORACLE Workgroup Server for NT Version 7.1
	네트워크 운영체계	Microsoft Windows NT V3.51

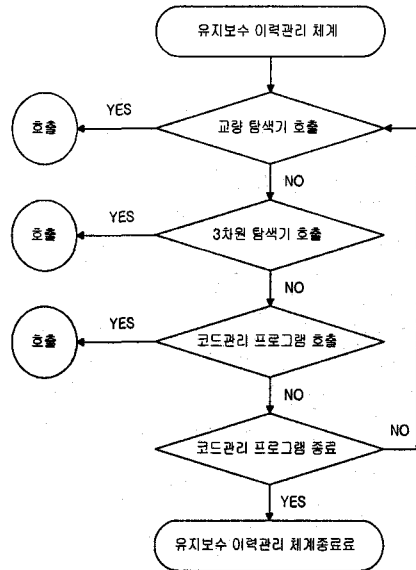


그림 4 유지보수이력관리체계 전체 흐름도

프로그램이다. 또한 코드관리는 체계 내부에서 사용될 항목을 관리하거나 자료기반 내에서 연산이 용이하도록 코드화 하는 프로그램이다. 그림 5는 교량 유지보수를 위한 이력관리체계의 주요 모듈 구조도를 나타내고 있으며 교량의 이력관리를 위해 도면관리 모듈, 3D운영 모듈, 자료관리 모듈, 계측체계 자료관리 모듈, 차량 교통정보 관리 모듈이 있고, 이력관리 모듈의 자료에 대한 흐름도는 그림 6과 같다.

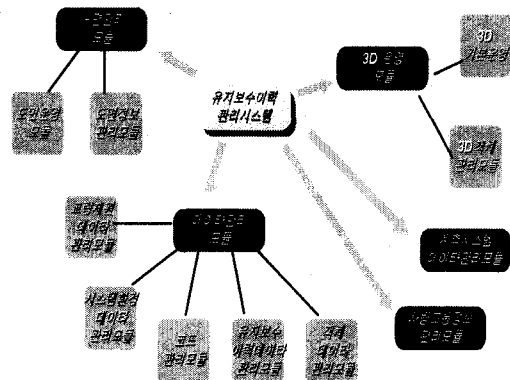


그림 5. 교량 이력관리체계의 주요 모듈구조도

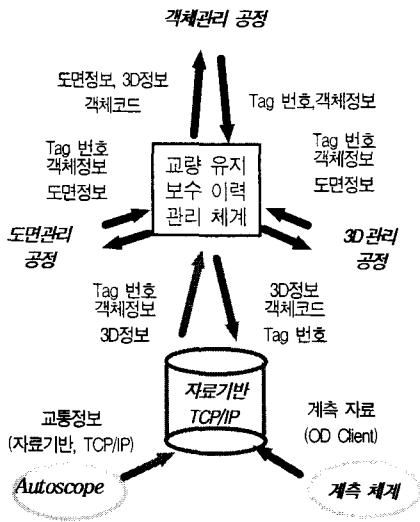


그림 6. 이력관리 모듈의 자료에 대한 흐름도

3.2. 이력관리 체계 일반기능

3.2.1. 유지보수 이력정보 관리

유지보수 이력정보를 관리하기 위하여 3차원 영상을 기초로 한 유지보수 이력정보의 관리 및 정보를 통한 3차원 모형화, 2차원 단면도 등을 탐색기를 이용하여 유지보수 이력정보관리 구현하도록 하였다. 또한, 부재별 일상점검 및 보수이력관리의 다양한 기능 지원하고, 일상적 보수이력을 특정 자료기반으로 구축하여 관리하도록 하였으며, 도면(영상, CAD 파일 등), 실시간 모형화, 정보(사진/문자) 등을 Windows 95의 GUI환경 특성을 반영하여 구성하였다.

2차원 및 3차원 객체 탐색기를 Microsoft Explorer의 형식으로 설계 및 구현하여 사용자의 편리성 극대화하도록 하였으며, 객체 지향적으로 설계하여 사용을 용이하도록 하였다.

부재를 항목명, 설치시기, 사용자, 일자 등으로 세분하여 관리를 유연하도록 하였으며, 2차원, 3차원 탐색기에서 임의로 부재를 등록하도록 하여 자체의 모듈만으로도 관리가 가능하며, 다양한 형식의 보고서 출력 지원 또한 포함하고 있다.

3.2.2. 교량점검 일정관리 소프트웨어 연동

교량점검의 효율화를 꾀하기 위해 각 부재별 검사빈도 및 각 부재별 기본/일반검사의 빈도를 자동으로 관리하도록 하였으며, 비상상황의 발생 시 기술자와 관리자에게 통보하는 기능을 제공하였다. 이러한 기능은 자동으로 검사빈도의 관리를 가능하게 함으로써 작업계획을 수립할 수 있는 판단을 제시하게 된다.

3.2.3. 교통량 분석

향후 교통량 분석체계인 Autoscope 체계와 연계시키는 기능이 내재되어 있다. 즉, Autoscope 체계와 연계하여 교량의 교통량 정보를 종합적으로 관리할 수 있는 기능도 지원한다.

3.2.4. 관리정보의 자료기반 구축

관리를 위해 구축된 자료기반은 향후 확장/관리가 용이한 관계형 자료기반(RDBMS)인 오라클Workgroup Server for Windows NT V7.1로 구축하였다(78).

이에 포함되는 자료기반 관리정보로는 주그래픽/Cell/영상/Segment/도면정보/사진정보 등의 교량영상자료와 교량 제반 정보, 그리고 교량점검 일정관리 등이다.

3.2.5. 3차원 영상에 의한 교량관리

본 체계는 3차원 영상을 기반으로 구축되었다. 교량의 입체적 탐색기능에서는 교량을 3차원으로 모형화하여 3차원 탐색기를 이용하여 입체적으로 탐색 및 관리가 가능하도록 하는 기능이 포함되어 있는데, 이러한 기능은 영상의 확대, 축소 등의 배율조정이 용이하도록 하였고, 각 부위별 사용자 탐색기능 지원하도록 하였다.

또한 일상점검 및 보수이력관리, 다양하고 자유로운 부재관리, GUI 환경의 다양한 유지보수 이력 등 3차원 탐색기와 연계된 각종 관리기능이 수행된다.

3.3. 이력관리 체계구성

본 연구를 통하여 구축된 교량 유지보수 이력관리 체계 각각의 화면 구성은 그림 7에서 그림 14와 같다.

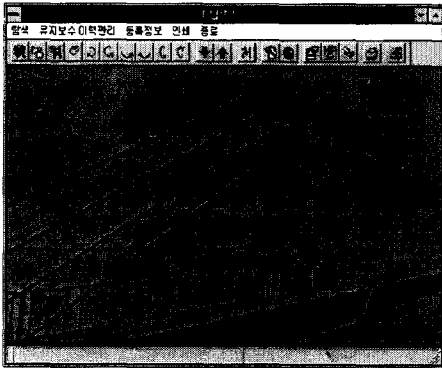


그림 7. 교량 유지보수 이력관리 체계 주화면

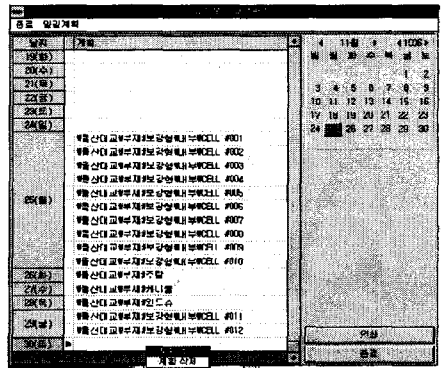


그림 8. 교량 관리일 정보관리

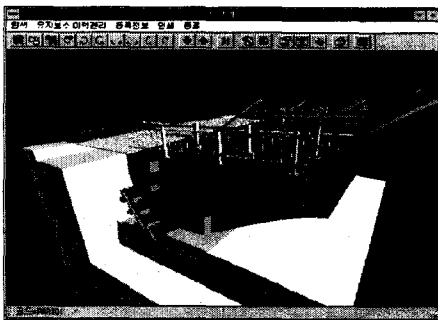


그림 9. Segment/Cell 영상 출력

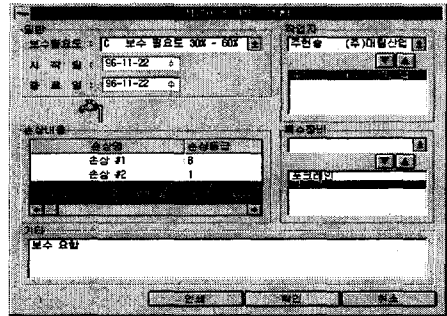


그림 10. 유지보수 이력 검색

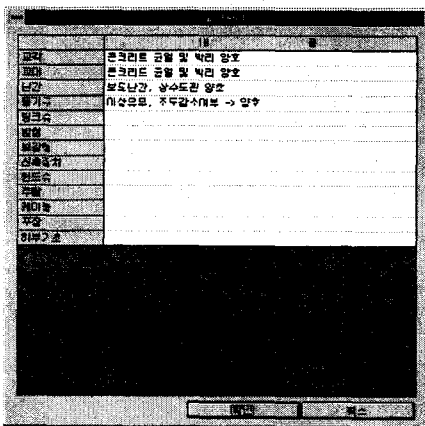


그림 11. 일상점검 기록 관리

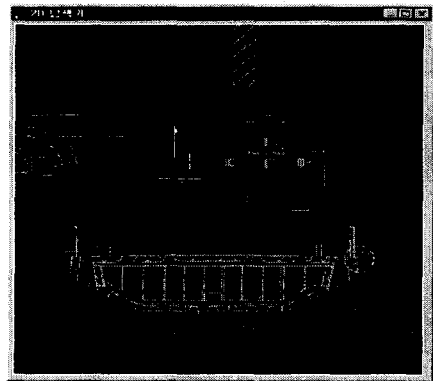


그림 12. 도면 관리

그림 7에는 교량 유지보수 이력관리 체계의 주화면을 출력하였다. 이 화면은 프로그램을 구동시킬 때 가장 최초에 모니터에 출력되는 화면이다.

그림 8은 교량 관리일 정보관리를 나타낸 것으로서, 순차적으로 정기적인 관리가 필요한 부재들을 점검해

야 하는 날짜를 모니터 상에 출력하여 정기적인 점검에서 누락되거나 중복되는 부재를 줄이도록 정보를 제공하는 화면이다.

그림 9는 Segment/Cell 영상 출력을 표시하였다. 각각의 부재는 그 특성 및 위치별로 분류되어 자료기반

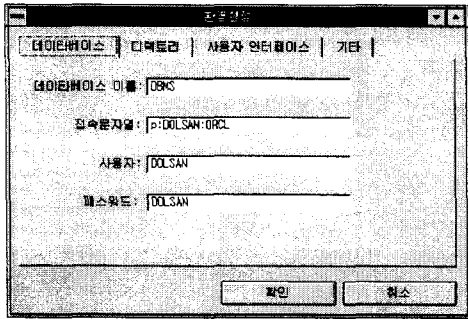


그림 13. 유지보수 이력관리 체계 관리

내에 저장되어 있다.

본 연구는 부재 전체를 3차원으로 모형화하여 이를 시각적으로 보여줌으로서 부재의 형상은 물론 보수 이력이나 교체 이력이 있는 부재의 형상까지도 표현하고 있다.

그림 10에는 유지보수 이력 검색이 나타나 있다. 이 화면은 보수필요도를 정해진 등급에 따라 분류하고, 보수 시작일 및 종료일을 표현하여 주며, 손상내용, 손상등급, 작업자 등의 항목을 자료기반을 이용하여 관리하게 된다.

그림 11에는 일상점검 기록관리 화면이 표현되어 있는데, 각 부재에 대한 전반적인 요약이 나타나는 화면이다.

그림 12는 도면관리에 관한 것이다. 구조물에는 설계시의 설계도뿐만 아니라, 완공 후에도 각종 도면이

발생할 수 있다. 2차원, 3차원 영상 뿐 아니라 이러한 수많은 도면이 체계적으로 관리되는 것을 돕기 위하여, 전체 부재에 대한 설계도를 CAD 파일로 작성하여 자료기반에 입력시키고 갱신하는 등의 관리를 수행하게 된다.

관리자는 각종 부재 및 교량에 대한 전반적인 관리를 수행함에 있어 자료기반을 보존하고 갱신하여야 한다. 관리자가 아닌 일반 사용자의 경우 교량유지보수 이력관리 체계를 사용하면, 일반적인 2차원, 3차원 영상이나 각종 도면을 참조하여 열람할 수 있지만, 실수에 의해 자료기반이 비정상적으로 작동되거나 지워질 경우가 생기게 된다. 이러한 사고를 대비하기 위하여 본 체계에서는 열람이나 참조는 권한이 없는 관리자도 가능하지만, 자료의 갱신이나 수정, 삭제에 관한 권한은 지정된 관리자에게로만 국한시켜 놓아 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위한 조치를 취하였다. 이러한 화면이 그림 13에 나타난 교량유지보수 체계 관리화면이다. 그림 14에는 Autoscope 체계가 연동된 교통량 관리에 관한 화면이다.

이 화면이 포함하는 기능은 교량의 보호를 위해 과적차량을 단속하게 하고, 과속 차량을 자동차의 시속에 따라 판단하게 하며, 현재 몇 대의 차량이 교량에 있는지에 대한 정보를 제공하는 것이다. 이 기능으로 인하여 외부의 환경에 대한 보다 효율적인 교량관리가 가능할 수 있다.

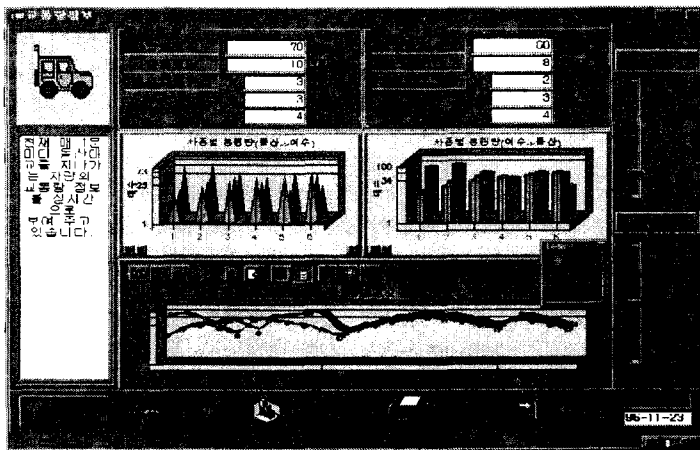


그림 14. 교통량 관리

4. 적용 및 고찰

본 연구에서 교량 유지보수 이력관리 체계를 구축하고 이 체계를 돌산대교에 적용하여 관리하여 얻은 효과는 다음과 같다.

신기술을 도입함으로써 사람이 직접 관리해야 하는 번거로움을 없애 인력을 크게 절감시킬 수 있었고, 자료기반 형성과정에서 정확한 모형화를 피함으로 시각적인 관리가 용이하게 되었다. 또한 정확한 분석 자료를 제공함으로써 유지관리 기법의 질적 향상 도모하여 향후 타 토목구조물의 관리체계에 적용할 수 있다는 가능성을 제시하였으며, 이를 다른 구조물에 응용하여 제반 기술을 확보할 수 있었다.

향후 이러한 관리체계는 체계 통합(System Integration)을 통한 Autoscope 체계 및 계측 체계와 연계가 가능하여 종합적인 교량관리를 수행할 수 있으며, 각종 취득자료를 이용한 신속한 3차원 모형화의 실시간 구축이 가능하고, 고속 진동회선을 통하여 현장에 있지 않고도 원격 현장제어를 수행할 수 있으며, 가상현실을 도입할 경우 실제와 유사한 사용자 환경 구축할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나, 본 연구의 수행하는 과정에서 몇 가지 문제점 또한 도출할 수 있었다.

첫째, 자료기반의 구축시간에 상당한 량의 시간과 인력이 필요하다는 점이다. 모든 GIS의 수행에 있어서 자료기반의 구축에 거의 모든 구축시간과 비용이 소모되게 되는 것과 마찬가지로 본 연구의 수행에도 엄청난 투자가 요구되었다. 특히 3차원으로 모형화를 하는 부분에 있어서는 설계 당시의 설계도가 분실된 것도 있었고, 오래되어 맞지 않는 것도 상당히 발견되었으며, 이들을 3차원으로 모두 구현하기 위한 비용도 많이 발생하게 되었다.

둘째, 모형화된 2차원 및 3차원 영상은 고성능의 컴퓨터에서 수행되도록 설계되었기 때문에 교량유지보수 이력관리체계를 구축하기 위한 소요비용도 고가될 수밖에 없었다. 그러나 이러한 문제는 향후 컴퓨터의 발전속도와 이에 따른 가격하락으로 어느 정도까지는 극복이 될 수 있을 것이라 판단된다.

5. 결 론

교량 유지보수 이력관리 체계를 구축하여 교량 전체 부재에 대한 영상 정보를 내장하여 3차원 영상화 면에서 각 부재별로 연결하고, 각 부재에서 도면 또는 사진으로 연결되는 체계적인 관리를 수행함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 교량관리를 시각적인 3차원 표현에 의해 관리함으로써 영상자료, 도면, CAD 자료의 자료기반 구축을 통해 관리 업무를 효율화할 수 있었으며, 유지관리, 일상점검, 이력 등을 실시간으로 모형화하여 사용자의 편의와 효율성을 증대시켰다.
2. 부재별 일상점검 및 보수이력 관리에 따르는 각 정보들을 분석하여, 유지보수 이력관리의 업무 효율화를 통하여 소요시간을 단축시킬 수 있었으며, 자료기반 구축에 의해 타 체계와의 자료호환을 용이하도록 할 수 있었다.
3. 3차원 실시간 모형화를 통해 이력관리 검색을 용이하게 하여, 방문객에 대해 교량관리의 실질적 정보를 제공하여 대민 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원 (1993), 진도대교 및 돌산대교 유지관리 지침서(안), 한국건설기술연구원 구조연구실, pp.1~156.
2. 한국건설기술연구원 (1993), 특수교 유지관리 방안 (남해대교, 진도대교, 돌산대교), 한국건설기술연구원 구조연구실, pp.1~116.
3. 유복모 (1996), 지형공간정보론, 동명사
4. 강인준, 장용구, 정영미 (1997), "지하철 공사를 위한 지하매설물 관리 시스템 개발", 한국측지학회지 제15권, 제1호, pp.77.
5. Atkinson, Gail M. (1984), "Attenuation of Strong Ground Motion in Canada From a Random

- Vibration Approach”, BSSA, Vol.68, No.4, pp.1147~1179.
6. Electric Power Research Institute (198 6), “Seismic Hazard Methodology for the Central and Eastern United States ”, EERI Report NP4726, EERI, Palo Alto, Cal.
 7. K. Y. Whang, R Krishnamurthy (1991), “The Multilevel Grid File - A Dynamic Hierarchical Multidimensional File Structure”, International Symposium on Database Systems for Advanced Applications, pp.449~459
 8. H. Lu, B. Ooi (1993), “Spatial Indexing : Past and Future”, Bulletin of the Technical Committee on Data Engineering, Vol.16, No.3, pp.16~21.