

국도 시설물 유지관리를 위한 현장점검시스템 개발

주 기 범* · 김 태 학** · 박 상 근*

요약

시설물의 손상현황을 파악하기 위한 현장점검업무는 의사결정과 유지보수공사를 위한 원천 정보를 생성하는 과정으로서 시설물 유지관리 Life Cycle에서 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 하지만, 수작업 및 중복입력 등의 과도한 업무와 손상상태의 결정, 점검이력의 활용미비, 유지관리업무의 전문성 부족 등으로 효율성과 신뢰성을 갖춘 점검업무가 수행되지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 국도 상의 주요구조물인 교량, 터널, 지하차도 등을 대상으로 과도한 현장점검업무를 효율적으로 처리하고 점검결과에 신뢰성을 제공할 수 있는 현장점검시스템을 개발하였다. 현장점검업무의 분석과정에서 나타나는 문제점들을 파악하여 개선방안을 기능설계에서 반영하여 시스템화하였다. 본 시스템은 국도유지건설사무소에서 활용할 예정이며, 손상상태의 추적, 보수 물량 산출 등 유지관리 업무의 효율적인 관리가 가능해질 것으로 기대된다.

키워드 : 현장점검, 유지관리, 손상상태, 신뢰성

The Development of Visual Inspection System for National Road Facility Maintenance Management

Ki-Bum Ju, Tae-Hak Kim, Sang-Kun Park

Abstract

Visual inspection works are very important part of facility maintenance and management life cycle as a step of creating base data for decision making and maintenance and repair. But currently, visual inspection works have been performed unefficiently and unreliably as works on hand, duplication of works, decisions of defect state, unutilization of inspection history, lack of professional and so on. In this research, we developed visual inspection system that processes inspection work efficiently and provides reliability of inspection output, as a target of bridges, tunnels, underground roadway on national road. We defined problems through visual inspection work analysis, examined the solutions and reflected to functional design of system. We will plan to utilize this system in HMCS(Highway Maintenance and Construction Service).

Keyword : Visual Inspection, Maintenance Management, Defect State, Reliability

* 한국건설기술연구원 선임연구원, ** 한국건설기술연구원 연구원

1. 서론

건설공사는 기획, 설계, 시공, 유지관리라는 제 단계를 가지고 진행된다. 설계, 시공단계는 시설물을 만들어 가는 과정이라 볼 수 있으며, 유지관리는 만들어진 시설물을 관리하는 단계라고 할 수 있다. 유지관리단계가 설계, 시공단계 만큼 큰 비중을 차지하고 있지는 않지만 선진국으로 갈수록 유지관리에 대한 중요성을 인식하고 있으므로 국내에서도 유지관리 분야에 대한 비약적인 발전이 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 건설공사 중 가장 많은 비중을 차지하는 도로공사의 결과물로 발생하는 교량, 터널, 지하차도 등 도로를 구성하는 주요 구조물에 대한 유지관리 정보화에 초점을 맞추고 있다. 유지관리 업무의 시작은 현장점검에서 최초 시작되며, 이로부터, 유지보수공사를 위한 의사결정이 이루어진다. 따라서 신뢰성 있는 점검결과를 생성하는 것이 유지관리 업무의 핵심이라 할 수 있다.

유지관리를 위한 정보시스템은 각각의 유지관리 주체에서 독자적인 형태로 구축하여 운영중에 있으나, 유지관리단계의 현장점검 업무를 지원하기 위한 시스템의 구축은 본 연구에서 처음으로 시도하는 것이며, 대부분 자료의 보관 및 이력관리를 위한 데이터베이스 형태의 시스템으로 구축되고 있다.

본 연구는 현장점검업무의 특성에 맞게 점검준비 지원기능과 현장점검내용 작성기능으로 이원화하였다. 점검준비 지원기능에서는 점검계획, 점검이력, 시설물제원, 보수보강이력, 부위별손상사진의 정보를 제공하여 현장에서 점검내용 작성시에 필요한 관련정보들을 참고할 수 있도록 하였다. 현장점검내용 작성기능에서는 점검표 작성, 시설물 전체손상등급 자동산정, 외관조사망도 작성, 손상사진 매핑 등의 기능을 제공하여 현장점검업무의 전과정을 전산화하도록 하였다. 점검결과의 신뢰성을 높이기 위하여 시설물 전체손상등급의 자동산정기능을 구현하였으며, 관련 전문가들의 자문회의에서 얻어진 알고리즘에 의해서 동작하도록 하였다. 외관조사망도 작성과 손상사진 매핑기능은 손상상태에 대한 정확한 정보를 입력할 수 있는 기능을 제공하며, 손상부위에 대한 체계적인 추적관리가 가능하도록 구현하였다.

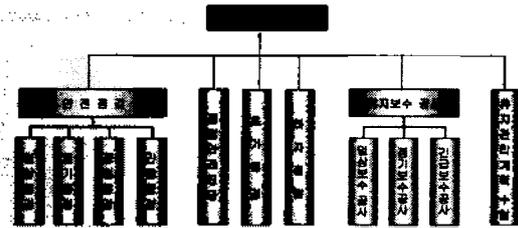
논문의 구성은 2장에서 현장점검업무 분석

및 문제점을 제시하고, 3장에서는 기능설계를 중심으로 현장시스템의 구현을 4장에서는 결론을 언급하였다.

2. 현장점검업무 분석 및 문제점

2.1 업무분석

국내의 유지관리분야의 시작은 1995년 시설물의 안전점검 및 유지관리에 관한 사항을 규정한 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”(이하 ‘시특법’이라 함)이 제정되면서부터 시작되었다고 할 수 있으며, 건교부에서 직접 관리하는 부분에 대해서는 제주지방국도관리청 및 18개 국도유지건설사무소의 구조물과에서 교량, 터널, 지하차도, 보도육교 등 구조물 중심의 유지관리 업무를 수행하고 있다. 유지관리 업무는 그림 1에서 보는 바와 같이 크게 점검 및 진단, 유지보수공사로 나눌 수 있다.

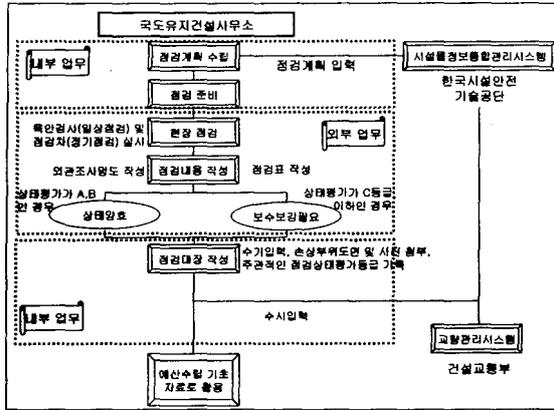


<그림 1. 유지관리 업무>

한편, 점검 및 진단업무에 대한 업무흐름은 점검계획, 점검준비, 현장점검, 점검내용작성, 점검대장작성의 5부분으로 진행되며, 점검준비에 앞서 점검계획이 수립되고, 현장에 나가기에 앞서 필요한 서류나, 장비들을 국도유지건설사무소에서 준비하는 과정이 필요하다. 그리고 현장점검과 상태평가를 포함한 점검표, 외관조사망도 등의 점검내용을 작성하는 것은 현장에서 수행된다. 마지막으로 다시 사무소로 돌아와 점검대장을 작성하고 관련시스템에 외부입력을 수행하는 것으로 점검업무는 종료된다. 그리고 이러한 점검결과 정보는 예산수립을 위한 기초자료로 활용되고 있다(그림 2 참조).

현장점검시 수행되는 내용에 대하여 좀더 구체적으로 기술하면, 점검표에는 해당 부위별 상태등급, 점검내용을 작성하고, 사진을 첨부하도록 되어있으며, 외관조사망도 작성은 해당 도면에 손상유형과 손상크기를 표시하고,

손상내용을 기술하게 된다.



<그림2. 점검업무 흐름도>

2.2 기존 현장점검에 따른 문제점 및 한계

본 연구에서는 먼저 기존 현장점검시 발생하는 문제점 및 한계를 파악하고, 이를 개선하기 위한 조치를 수행하였으며, 동시에 시스템적으로 이러한 부분들이 구현될 수 있도록 하였다. 기존 현장점검에 따른 문제점 및 한계는 다음과 같다.

- 설계도면, 점검진단 자료, 보수보강 자료의 일관된 관리체계 불가능
- 점검진단 시행 결과에 따른 근거자료 일회성으로 관리됨으로써 과거자료와의 비교 및 추적관리가 불가능
- 점검진단 시행전에 점검자가 관련자료를 확인하여야 하나, 분실 등으로 인하여 과거 관련자료에 대한 확인이 불가능
- 현장점검을 시행하는 동안 관련 메뉴얼 및 도면 등에 대한 정보를 현장에서 다루어야 하며, 점검진단 결과를 일일이 수작업으로 기록하여야 하는 불편함 발생
- 현장점검 결과를 사무실에서 손상크기, 위치 등을 엑셀이나 카드도면 형태로 제작업을 실시하는 등 이중작업 발생
- 손상등급을 평가하기 위한 지침 및 관련 기술자료에 대한 정보를 점검자가 일일이 기억해야 하는 불편함이 발생
- 수작업으로 기록된 정보에 대한 인식의 오류, 점검자들의 각각의 개성에 따른 문서작성 형태 등으로 인하여 일관성있는 기록관리가 불가능하며, 이로 인하여 유

지보수계획 수립을 위한 의사결정시 부적절한 결정을 내릴 수 있는 우려 발생

- 상세조사 혹은 보다 전문적인 지식이 필요로 하는 현장조사 등에 있어서 매번 외부 전문가들을 활용

2.3 현장점검시스템의 개발 범위

그림 2의 점검업무 전체를 하나의 시스템화하는 방안을 고려할 수 있으나, 유지관리 단계의 전체업무를 고려하여 현장점검에 직접적으로 필요한 업무기능만을 현장점검시스템으로 구현하였다[6]. 점검업무의 분석결과 그림1의 외부업무가 현장점검시스템의 주요 구현범위가 되며, 과거 점검이력정보 등의 현장점검의 신뢰성을 높이기 위한 점검준비 단계의 업무를 시스템에 포함하는 것이 타당할 것으로 판단하였다. 점검결과를 정리하고 보고하는 단계는 유지관리단계의 전체업무를 고려하여 현장점검시스템의 구축범위에서 제외하였다[6].

3. 현장점검시스템 개발

3.1 기능설계

현장점검업무의 전산화를 위한 업무대상은 점검준비와 현장점검내용 작성의 두 단계로 나눌 수 있다. 그림 2의 현장점검과 점검내용 작성은 동시에 이루어지며, 업무의 전산화는 점검내용 작성에서 이루어진다. 따라서 시스템의 주요기능을 <표1>에서와 같이 점검준비 지원기능과 현장점검내용 작성기능으로 이원화하였다.

점검준비 업무지원기능은 현장점검을 나가기에 앞서 필요한 모든 정보를 종합적으로 지원하는 기능으로 설계하였다. 업무분석결과, 점검계획, 점검이력, 시설물채원, 보수보강이력, 부위별 손상사진의 정보가 요구되었으며, 이들 내용을 조회하고 현장에서 이를 활용할 수 있도록 서버로부터 다운로드 할 수 있도록 하였다. 점검계획은 연간점검계획과 월간점검계획으로 나누어 조회할 수 있도록 하였으며, 점검이력정보와 점검부위에 분류가 제공되어, 해당부위별 사진정보를 조회할 수 있도록 하였다(그림 3 참조).

<표1: 현장점검시스템의 주요기능>

구분	주요기능
점검준비 지원기능	<ul style="list-style-type: none"> • 점검계획 조회기능 • 점검이력정보 다운로드/조회 기능 • 점검대상 시설물 제원정보 다운로드/조회 기능 • 보수보강이력정보 다운로드/조회 기능 • 부위별 손상사진정보 다운로드/조회기능
현장점검내용 작성기능	<ul style="list-style-type: none"> • 점검표 작성기능 • 시설물 전체손상등급 자동산정기능 • 외관조사망도 작성기능 • 손상사진 매핑기능 • 점검결과 업로드기능

또한 그림 3에서 보는바와 같이 현장점검 내용 작성기능은 점검결과를 일목요연하게 정리할 수 있는 점검표 작성, 외관조사망도 작성, 손상사진 매핑, 점검결과 업로드 기능들을 설계하였다. 사용자의 정보입력에 대한 편의성을 증진시키기 위하여 점검대상 시설물의 부재와 부위는 자동적으로 제공되도록 하였다. 각종 손상에 대한 등급은 A~E의 5단계로 구분하여 사용자가 평가할 수 있도록 하였으며, 디지털 카메라와 연동하여 촬영된 해당 부위별 사진을 추가하는 기능을 제공하여 점검절차를 간편화하였다.

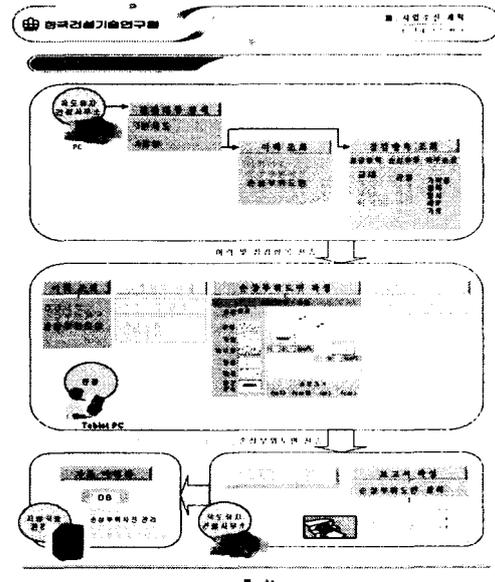
현장점검시 주로 이용되는 외관조사망도 작성, 손상사진 매핑, 점검결과 업로드 기능에 대한 설계내용은 다음과 같다.

○ 외관조사망도 작성기능

- 손상정보조회기능, 손상객체 추가/삭제 기능 제공
- 도면에 기록된 손상유형을 표시하는 객체를 통하여 과거 손상정보를 조회하는 기능 제공
- 손상종류, 가로길이, 세로길이, 면적, 등급, 등급설명, 손상설명, 사진을 포함할 수 있도록 설계
- 손상객체 추가/삭제를 위하여 Drag and Drop 방식을 이용하여 손쉽게 도면에 표시할 수 있도록 설계
- 복사/붙여넣기, 확대/축소, 객체그리기(선, 박스, 원, 텍스트 등), 인쇄 등 다

양한 편집기능 제공

- 손상사진 매핑기능
 - 외관조사망도의 손상객체와 손상사진을 매핑하는 기능
- 점검결과를 서버에 업로드 하는 기능
 - 점검정보와 각 부위별 점검내역(점검표) 사진저장 드이 하이기능



<그림 3. 현장점검 업무에 따른 기능>

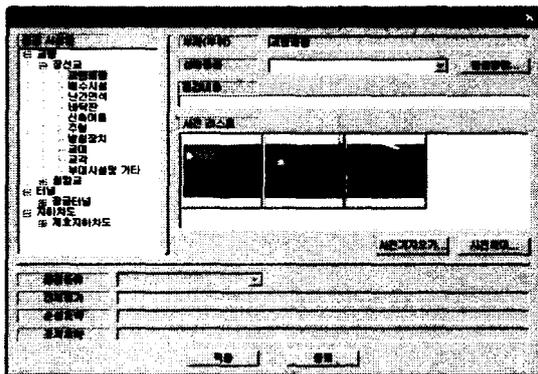
현장점검 업무와 관련된 기능설계이외에도 로그인/로그아웃, 디스크관리 등의 시스템관리 기능을 제공하도록 설계하였으며, 서버에 유지하는 데이터와 현장점검시스템이 추가하는 데이터와의 일관성을 유지하기 위하여 주기적으로 하드디스크에 저장된 데이터를 삭제하는 기능을 점검대상 시설물별로 설계하였다.

3.2 구현 및 운영환경

현장점검시스템을 위한 하드웨어는 Tablet PC로 선정하였다. 구현환경은 Visual C++ 6.0을 기반으로 C/S 환경과 자립형(Standalone)환경에서 공용으로 사용할 수 있도록 개발되었으며, 도면 View/Edit에 별도 개발 컴포넌트를 적용하였다. 업무 프로세스상 점검대상 구조물에 대한 정보를 다운로드받아서(C/S) 점검내용을 입력한 뒤, 다시 업로드 하는 방식(C/S)으로 구분되어 개

발되었다. 구조물에 대한 기존정보를 다운로드받을 때는 객체연계매입(OLE : Object Linking and Embedding) DB를 통해 올라클로부터 기존텍스트 정보를 읽어들이 로컬 DB인 MS-Access MDB에 저장하며, 이미지나 도면 자료의 경우는 FTP를 통해 로컬 디렉토리에 저장한다. 점검내용 입력은 현장 작업이 이루어지는 것이므로 독립시스템 형태로 작업이 가능하며, 작업한 텍스트 내용은 로컬 DB인 MS-Access MDB에, 이미지와 도면 자료는 로컬 디렉토리에 파일 형태로 저장된다. 업로드시에는 점검 결과의 텍스트 부분은 OLE DB를 통해 올라클에 저장하며, 이미지나 도면 자료의 경우 파일은 서버에 FTP를 통해, 파일정보는 Oracle DB에 저장한다. 여기서 도면의 손상부위와 사진 이미지와의 매핑방식은 직접 디지털카메라에서 사진을 읽어들이 매핑할 수 있도록 구현하였다.

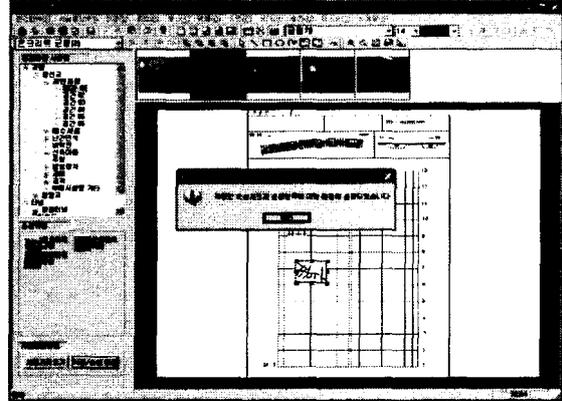
아래의 그림 4는 부위별 점검표를 작성하기 위한 사용자 인터페이스를 보여준다. 대상 시설물의 모든 부재와 부위를 데이터베이스화하고, 해당 부재 및 부위별로 상태등급, 점검내용, 사진을 입력할 수 있도록 구현하였다. 손상상태등급을 결정하는 작업은 부재별로 등급기준을 확인할 수 있도록 등급열람을 제시하였다.



<그림 4: 부위별 점검표 작성>

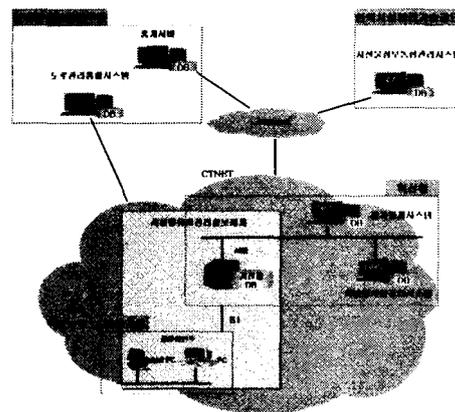
그림 5는 외관조사망도 작성과 손상사진 매핑 기능을 처리하는 사용자 인터페이스를 보여준다. 부재별 정의된 손상유형을 객체화하여 데이터베이스화되어 있는 도면의 손상 부위에 표시할 수 있도록 하였다. 손상부위에 표시된 손상객체와 촬영한 손상부위의 사진을 매핑하기 위하여 먼저, 디지털 카메라

또는 디스크에서 사진을 가져오고, 해당사진을 선택한 후, 사진/손상 매핑 기능을 활성화하면 매핑기능이 완료되도록 구현하였다.



<그림 5: 외관조사망도 작성 및 손상사진 매핑>

시스템의 활용도를 높이기 위하여 국토유지건설사무소에서 현장점검결과 발생하는 데이터를 모두 데이터베이스화 하였으며, 기반 네트워크 인프라는 건설교통부의 CTNET을 사용하였다. 그림 6에서와 같이 시설물 유지관리 정보체계의 서버는 지방국도관리청의 전산실에 설치되며, 현장점검시스템은 각 국토유지건설사무소의 Tablet PC에 설치된다. 현장점검시스템은 점검준비 업무지원정보를 서버로부터 다운로드하고 현장점검내용 정보를 서버에 업로드하는 클라이언트/서버 구조로 동작한다.



<그림 6: 시스템 운영환경>

4. 결론

본 연구는 Tablet PC를 이용하여 국토유지단체 업무에 적용하는 최초 사례로 국도상의 주요구조물인 교량, 터널, 지하차도 등

을 대상으로 과도한 현장점검업무를 효율적으로 처리하고 점검결과에 신뢰성을 제공할 수 있는 현장점검시스템 개발을 목표로 하였다. 이를 위하여 현장점검업무의 분석과정에서 나타나는 문제점들을 파악하여 이를 개선할 수 있도록 세부기능과 관련자료를 설계하고 이를 반영하여 시스템을 구현하였다.

현장점검의 모든 과정을 전자화하였으며, 동시에 점검결과에 대한 신뢰성을 향상시켰다. 또한 전체손상등급의 자동산정을 통하여 객관적인 손상상태에 대한 평가가 가능하게 하였으며, 외관조사망도와 촬영사진을 매핑함으로써 사용자가 손상내용에 대한 정보를 손쉽게 파악하여 지속적인 손상상태의 진전유무를 파악할 수 있도록 하였다.

본 연구결과를 통하여 유지관리에 있어서 가장 기본이 되며, 중요한 현장점검업무 부분이 상당부분 개선되었으며 이로부터 합리적인 의사결정이 가능하게 하였다. 개선효과를 다음 표2에서 정리하였다.

<표 2 개선효과>

As-is	To-be
• Paper 중심의 현장조사	• 체계화된 프로그램에 의한 조사 : 사진, 스케치 등의 전자처리
• 주관적이며 경험적인 점검시행	• 점검항목의 자동파악으로 객관적이며 신뢰도있는 점검시행
• 점검준비 시간 및 점검결과에 대한 복명작업시간 과다	• 현장점검 즉시 결과보고서도출
• Paper 중심으로 인한 서류유실 및 관리부재	• 장기간에 걸친 점검결과자료의 체계적 관리
• 시간과다에 따른 비용발생	• 유지관리 비용의 효율적 집행 : 예산절감

참고 문헌

[1] 시설물유지관리지침, 건설교통부, 1997
 [2] 건설 CALS/EC 연차별 시행계획, 건설교통부, 2000
 [3] 도로관리통합시스템(개발4단계), 건설교통부, 2002
 [4] 국내외 시설물에 대한 유지관리기술의 동향파악 및 기술발전방향 설정을 위한

연구, 2000
 [5] 캘리포니아주의 교량 유지관리시스템, 리차드 세퍼드
 [6] 시설물 유지관리 정보체계 구축(1), 건설교통부, 2003
 [7] 시설물 유지관리 정보시스템 구축을 위한 기본계획 수립, 건설교통부, 2002