

터널 스캐너를 이용한 터널 유지관리시스템 개발에 관한 연구

A Study for Tunnel Management System Development Using a Tunnel Scanner

윤 태 국* 이 송**
Yoon, Tae-Gook Lee, Song

Abstract

The maintenance and management of each tunnel has been individually performed in depending on service, management agency, and tunnel size. The maintenance and management system for the existing tunnel consists of simple tunnel card and the computerization of basic tunnel data, now. There is not the systemic maintenance and management system for tunnel. Therefore, it has been impossible the systemic maintenance and management for tunnel due to loss of data obtained from each step, such as, plan, design, construction, or maintenance, with time. The objective of this study is to build the database system in combing the results of tunnel scanning with all data obtained from plan, design, construction, or maintenance step.

요 지

국가 중요시설물인 터널에 대한 유지관리업무는 관리주체별, 용도별, 터널 규모별로 각각 상이하게 수행되고 있다. 현재 각 관리주체별로 운영중인 국내 터널유지관리시스템을 분석해보면 수기 또는 초보적인 전산화만이 되어 활용도가 매우 저조한 것이 현 상태이다. 이에 본 연구에서는 터널의 계획, 설계, 시공 단계의 관련자료 뿐 아니라 보수 보강 이력 자료 등의 유지관리단계에서 조사된 여러 현장조사와 터널 스캐너에 의한 결과를 통합한 새로운 터널유지관리시스템을 구축하여 국내 여러 터널 현장에 적용한 후, 이의 적용성을 분석하였고, 터널 유지관리방법의 개선안을 제안하였다.

Keywords : Accident related with tunnel, The maintenance and management of tunnel, Tunnel scanner

핵심 용어 : 터널사고, 터널유지관리시스템, 터널스캐너

* 정희원, 한국시설안전공단 진단1본부 팀장, 토질 및 기초 기술사, 공학박사

** 정희원, 서울시립대학교 토목환경공학과 교수, 공학박사

E-mail : Yoon7647@kistec.or.kr 031-910-4090

•본 논문에 대한 토의를 2008년 6월 30일까지 학회로 보내 주시면 2008년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서론

콘크리트 구조물은 시간의 경과와 더불어 자연적, 환경적 영향으로 인하여 균열, 누수, 박리, 박락, 재료 분리, 철근노출 등 여러 가지 열화현상 및 손상이 생기게 된다. 이렇게 필수적으로 발생하는 콘크리트 구조물의 노후화에 대하여 구조물의 본연의 기능을 유지하고 수명을 연장시키기 위해서는 지속적이고 효율적인 안전점검 및 정밀안전진단 등의 유지관리 업무를 수행하여야 한다.

이러한 유지관리 업무를 수행함에 있어서 가장 기본적으로 중요한 조사기법이 외관조사이다. 외관조사는 구조물에서 발생하는 여러 열화현상의 원인을 분석하고, 각종 시험 위치를 결정하고, 상태평가, 안전성 평가 등을 위한 기본조사이다. 그러나 콘크리트 결합에 대한 기존의 외관조사 방법은 대부분 인력에 의한 육안조사에 의존하고 있어 정량화하기가 어렵고, 객관성이 결여되며, 인력으로 접근이 어려운 곳에 대해서는 조사가 불가능한 단점을 가지고 있다. 또한 조사결과를 문서화하여 데이터 관리를 하는데도 한계가 있다.

한편, 도로터널, 지하철, 수로터널 등에 대하여 이루어지는 일련의 안전점검 및 안전진단 등의 유지관리 업무는 용도별, 관리주체별로 상이하게 수행되고 있다. 특히 현재 터널과 관련된 유지관리업무 관련 자료는 문서화 및 초보적인 단계에서의 전산화만이 되어 유지관리하고 있는 것이 현실이다. 특히 터널의 설계, 시공시 중요한 정보인 지질조사자료, 페이스 매핑(Face Mapping) 자료 등 지반과 관련된 자료는 시간의 경과와 더불어 보다 쉽게 없어지게 된다.

본 연구에서 터널에 대하여 계획, 설계, 시공 단계에서의 자료와 더불어 유지관리 업무를 수행함에 있어 얻어지는 지형 및 지질조사 자료, 포장 및 레일면 상태 조사 자료, 물리탐사 자료, 보수 보강 이력 자료 등의 세부적인 기초자료를 데이터 베이스화 할 수 있을 뿐 아니라, 첨단 외관조사 기술인 터널 스캐너에 의한 외관조사 결과와 통합, 연계할 수 있는 새로운 터널유지관리시스템을 구축하고자 하였다. 특히 본 연구에서는 유지관리 자료를 보다 획기적으로 개선하고자 터널 스캐너에 의한 외관조사 결과를 개선, 적용함

으로써 시설물 유지관리체계의 개선방안도 도출하고자 하였다. 더불어, 향후 본 시스템을 확대 운영함으로써 터널시설물에 대한 안전사고 발생시 원인 추정, 문제점 분석, 유사 사고 방지 대책 방안 등의 적극적인 재난관리에도 일익을 담당할 수 있을 것으로 판단되어 새로운 터널유지관리시스템을 개발하였다.

2. 터널 유지관리 현황

2.1 국내 터널의 유지관리 현황

건설교통부에서는 우리나라 국토상의 모든 시설물에 대한 유지관리 업무의 총괄은 건설교통부 도로국에서 담당하고 있으나 실질적인 유지관리 업무는 국토관리청 및 국도유지건설사무소에서 담당하고 있다.

한국철도공사의 경우 산하에 5개의 지역사무소를 두고, 그 하부에 15개의 시설사무소에서 3명 내외의 조사팀에서 수행하고 있었으며, 2006년 7월에 각 시설사무소를 통합하여 지역별 지사의 시설팀에서 업무를 수행하고 있다. 터널 유지관리시스템은 철도청 때부터 터널 카드를 이용하여 수기로 작성하고 있었으며, 이는 현재까지 관리가 되고 있다. 터널 카드에는 터널의 제원, 보수·보강 등의 업무 내용을 기술하고 있다. 또한 자체 개발한 관리시스템을 활용하고 있으나, 이는 터널, 교량 등의 시설물 관리를 위한 시스템은 아니고, 철도, 전기, 신호 등과 함께 운영되고 있는 종합시스템이다. 이의 운영실태는 철도 선로를 기점으로 위치를 표기하고 있으며, 수기로 작성하는 내용이 많아 운영이 원활하게 이루어지지 않고 있다.

서울특별시 및 광역시는 건설안전관리본부에서 시설물의 유지관리를 총괄하고 있으며, 그 이외의 지자체에서는 도로과에서 담당하고 있다. 지자체에서 운영하고 있는 유지관리시스템은 시스템 관리, 시설물 관리 대장, 시설물 안전점검, 시설물 통계, 시설물 도면 등으로 구분하여 운영 중이다. 이의 운영실태는 안전점검, 보수 보강 상태 등을 위치별로 정확하게 기술하는데 어렵게 되어있다. 또한 시스템이 구축된 지 10여년 이상이 경과하여 시스템에 대한 지속적인 관리가 필요한 상태이며, 수기로 입력하는 내용이 많아서 널리 이용되고 있지는 않고 있다.

서울메트로는 서울지하철 1~4호선에 대하여 본사 기술본부에서 구조물을 통합관리하고 있다. 시설물과 관련된 유지관리시스템은 운영 중이지 않으며 기존의 프로그램을 이용하여 담당 실무자가 관리하고 있다.

서울도시철도공사는 서울지하철 5~8호선의 시설물을 유지관리하고 있다. 서울도시철도공사는 시설물유지보수시스템을 운영하기 위한 시범운영 대상기관으로 선정되어, 도시철도 유지보수체계 표준화 정보화 연구를 수행하여 UTIMS 라고 하는 종합 시스템을 구축하였다. 이는 토목, 건축, 보선, 전기, 설비, 신호, 통신, 전자 등 시설물의 특성을 고려한 분류체계 및 관리항목의 재정립을 통한 표준화된 코드체계를 정립하였다. 반면 이러한 지속적인 노력에도 불구하고 전체적으로 시스템이 시설물의 유지관리 업무를 위한 시스템의 의미보다는 전체 시스템에서 일부를 차지하고 있는 상태이다.

2.1.1 국외 터널의 유지관리 현황

일본은 우리나라의 「시설물안전관리에관한특별법」과 같은 국가에서 운영하는 종합적인 법률은 없으나 시설물 건설·관리에 관한 개별법에 따라 구분하여 관리하고 있다. 예를 들면, 도로법이나 하천법 등과 같은 법률에 따라 구분된 대상시설물을 관리주체가 각각 별도로 유지관리하고 있다.

일본도로공단의 경우는 토목 구조물의 정기점검 및 간단한 조치 등으로 나누어서 실시되고 있으며, 정기점검 도래시기에 맞추어 교량 10년, 터널 2~5년 등 각 구조물별로 이루어지고 있다. 터널에 대한 안전점검으로는 일상점검, 1년 단위로 특수 장비를 활용한 정기점검, 필요한 경우에 수행하는 특별점검 등이 있으며, 대부분 자체 기술팀 혹은 전문 위탁조직에 의해 수행되고 있다.

일본 여객철도 주식회사의 경우는 1987년 4월에 일본 국유철도에서 민영화되어 설립된 회사이다. 이 중 JR동일본(주)의 구조물 유지관리체계 특징을 분석하면, 대부분 터널 스캐너, 디지털 영상장비 등의 자동화 장비를 활용하여 안전 및 유지관리 업무를 수행하고 있다.

프랑스는 지방공공건물과 토목시설물에 대한 안전점검 법령이 1979년에 처음 제정하여 육안점검, 특별

안전점검, 상시점검으로 구분된다. 육안점검은 매년 점검을 실시하고, 특별 안전점검은 5년 주기로, 상시 점검은 3년 주기로 이루어져 점검보고서를 정부에 제출하도록 하고 있다.

독일은 준공 직후 실시하는 안전점검과 하자보수기간인 5년 만료 전에 실시하는 안전점검, 1년 주기로 실시하는 구조물 시찰, 6년 주기로 실시하는 정밀점검, 정밀점검에서 발견된 지적사항에 대한 조치여부를 확인하기 위해 육안조사를 실시하는 정기점검으로 나누어 실시하는 상태이다.

3. 터널 스캐너

터널 스캐너는 구조물에 발생한 균열, 누수 등을 육안으로 조사한 후 스케치하여 손상상태를 파악하는 기존의 육안에 의한 외관조사방식을 레이저, 광학 등의 영상처리 기술로 신속, 정확하게 파악하는 첨단기술의 장비이다. 특징은 외관조사망도, 손상 물량 등을 자동으로 집계할 뿐 아니라, 객관적이고 정확한 터널스캐너 자료를 활용하며 구조물 내에서 발생한 균열, 누수 등의 열화현상의 진행성 분석도 가능하다.

터널 스캐너 장비는 안전점검 및 정밀안전진단 등의 일련의 유지관리 업무를 수행함에 있어 터널의 현장 여건상 주로 심야 시간에 현장조사를 수행하여야 하며, 또한 최근의 터널 구조물이 대형화, 장대화됨에 따라 조사 대상 터널의 높이가 대부분 5m를 초과함에 따라 육안조사에 한계점을 극복하고자 개발되었다. 더불어 육안조사시 장시간 고개를 쫓던 상태에서 조사가 수행되어 산업재해의 가능성이 농후하고, 기입누락, 기입오차, CAD화 작업시 오차 등으로 인하여 5년 주기로 실시하는 정밀안전진단시 기존 자료의 활용성이 매우 저조하고 변상의 진행성 파악이 현실적으로 불가능한 단점 보완이 가능한 디지털 장비이다.

이러한 터널 스캐너는 일본 및 유럽을 중심으로 전세계에서 7종류의 장비가 운영되고 있으며, 국내에서는 2003년에 처음 금화터널 현장에 적용하게 되었다. 또한 일부 장비의 경우 국내에서 개발 완료한 시스템도 구축이 되어 국내의 철도터널, 지하철 등으로 확대 적용되고 있다.



Fig. 1 터널 스캐너 외국 적용 예(T.I.S)

4. 새로운 터널유지관리시스템

4.1 구성요소

새로운 터널유지관리시스템을 개발함에 있어 해당시스템의 구성은 크게 기초정보 모듈, 시공 모듈, 유지관리 모듈 등 3개의 모듈로 구성하였다. 더불어 많은 양의 정보들을 관리하기 위해서는 정보의 일관성 유지, 보안유지, 데이터 사이의 다양한 관계표현, 관리의 용이성 등이 필수적이다.

새로운 터널 유지관리시스템을 개발함에 있어 사용된 소프트웨어는 Delphi이다. 이는 비주얼 베이식의 통합 개발 환경과 비슷하지만 보다 가시적인 개발이 가능하다.

4.2 새로운 터널유지관리 시스템의 운용

4.2.1 과천터널

가. 개요

과천터널은 서울지하철 4호선 연장구간으로서 사당에서 금정역까지를 말한다. 이러한 장대터널 전 구간에 대해서 새로운 터널유지관리시스템을 적용하기에는 한계가 있어 약 40m 구간의 박스터널 구간을 선정하여 새로운 터널유지관리시스템을 적용하였다.

나. 기초정보 및 시공정보 입력

과천터널에 대한 조사 결과 대상 시설물은 준공된

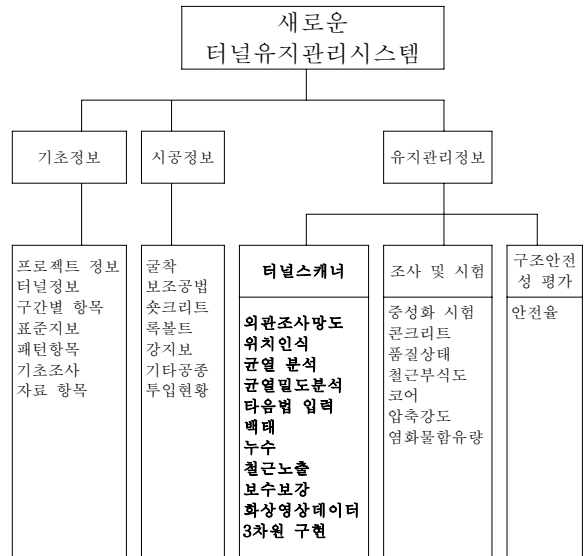


Fig. 2 시스템 구성 정보

지 13년이 경과한 상태로서 자료조사 내용은 다음과 같다.

(재)한국철도기술협회에서 설계를 하였으며, 공영토건(주)에서 시공하였다. 박스터널 구간의 콘크리트 설계기준강도는 $f_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ 이고, 주철근은 HD16과 HD19를 125mm간격으로 배근하였으며 배력철근은 150, 300mm간격으로 설계·시공이 되어있다. 설계 표준 활하중은 DB-24를 기준으로 하였고 철근콘크리트, 아스팔트, 시멘트 모르타의 단위중량은 각각 2.50tf/m^3 , 2.30tf/m^3 , 2.15tf/m^3 이다. 철근은 KS D 3504, SD40을 사용하여 항복점응력(f_y)은 $4,000\text{kgf/cm}^2$ 이다. 지반과 관련된 자료로서는 흙의 단위중량을 지하수위 이상과 이하에서 각각 1.80tf/m^3 , 2.00tf/m^3 이다.

이러한 자료조사 결과를 새로운 터널유지관리시스템에 적용하면 Fig. 3과 같으며, 기초정보모듈의 작업이 완료되면 시공정보를 입력하게 하였으며, 각각의 정보는 최종사용자 입장에서 입력이 용이하게 하였다.

다. 유지관리정보 입력

유지관리 정보 입력은 크게 외관조사, 조사 및 시험, 구조안전성 평가 부분으로 구분되어 진다.

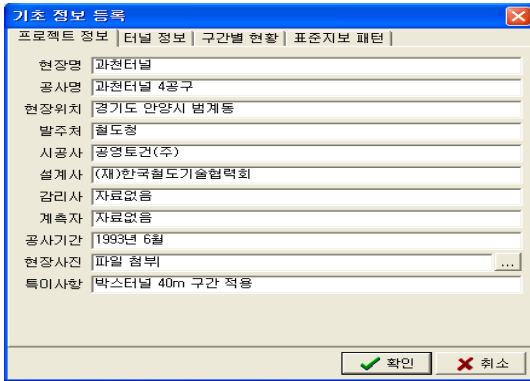


Fig. 3 시공 정보 모듈 등록

이 중 외관조사를 터널 스캐너를 통하여 얻어진 결과를 보다 체계적이고 편리하게 적용할 수 있게 하였다. 즉 현장에서 광학방식 및 레이저 방식에 의한 터널 스캐너 결과를 새로운 터널 유지관리시스템에 적용하기 위해서는 여러 가지의 전 단계를 거치게 된다.

터널 스캐너에 얻어진 화상데이터를 화상처리 작업을 거쳐 원화상에 균열, 누수, 박락 등의 열화현상을 표현한다. 이러한 얻어진 화상데이터를 도면화하기 위한 예비 단계로서 화상 영상데이터를 제거한 상태로 이를 CAD화하여 외관조사망도를 완성한다. 일반적으로 선형결과로 얻어지는 균열의 경우 균열폭 별로 색상을 달리하는 기법을 사용하고 있다. 면상의 결과를 나타내는 누수, 박리, 재료분리, 박락 등은 각각의 열화현상을 자동으로 인식은 아직 못하고 있어 인력에 의한 분석이 필요하다.

Fig. 4는 외관조사 결과 나타난 열화현상을 균열, 누수, 박락, 재료분리, 철근노출 등으로 구분되어진 좌측 부분을 나타내고자 할 경우 해당부위를 표시하면 원화상 또는 외관조사망도상에 위치가 나타난다. 이때 해당위치의 시점, 종점, 균열의 색상, 선 종류, 면색, 패턴, 조사일, 범례, 길이 등이 나타나며, 조사가 현장에서 직접 입력할 수 있는 항목을 삽입하여 추후 조사자의 의지가 나타날 수 있도록 하였다.

기존의 시스템에서는 구현에 한계가 있었던 좌표 설정기법을 도입하여 각각의 열화부위가 몇 개의 도형으로 구현되었는지를 알 수 있게 하였고, 좌표점의 방향반전을 할 수 있게 함으로써 데이터 호환성을 극대화

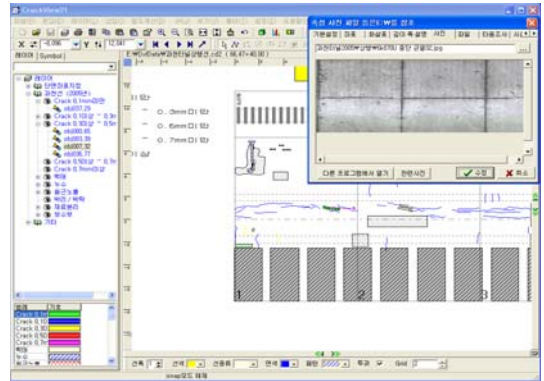


Fig. 4 열화현상별 화상 처리 결과

하였다. 즉 입구부에서만 터널에서의 열화현상을 확인할 수 있었으나 좌표 반전을 통하여 출구방향뿐만 아니라 측면에서 바라보는 기능을 구현할 수 있게 했다.

또한 터널 스캐너의 특징을 가장 극명하게 나타내는 것으로서 해당위치에서는 열화현상을 표기하면 그 해당위치에서의 열화현상의 사진 파일이 직접 사진으로 나타나는 기능을 부여하였다. 또한 필요한 경우 화상을 그림판, Photoshop 등의 소프트웨어에서도 열 수가 있게 하였다. 본 기능을 추가함에 따라 특정부위에 문제가 있을 경우 시설물 유지관리 담당자가 직접 관련 사진을 찍어 해당부위에 입력할 수 있게도 하였다.

또한 사고 발생시 사회적 영향이 가장 큰 것으로 보고되고 있는 박락사고에 대응하기 위하여 타음법을 실시한 후, 박락과 관련된 사항은 시공이음부, 단면변화부에서 타음법 결과를 수기로 직접 입력할 수 있게 하였다. 이는 타음법의 중요성을 고려한 것으로서, 타음조사 결과를 평가할 수 있는 기능도 첨부하였다. 더불어 음파를 측정하였을 경우 평가 및 최대 발생 주파수를 입력하는 기능도 부가하였다.

Fig. 5는 균열 폭별, 스패ن(Span) 별 균열 발생 정도를 나타낸 것으로 이를 변환함으로써 균열밀도분석을 수행할 수 있다. 이러한 결과는 보수보강 우선순위를 현장 기술자가 임의적으로 판단하는 순위결정을 보다 체계적이고 객관적으로 결정할 수 있는 기법으로 활용할 수 있다. 또한 균열 밀도 분석 기법을 해당 구간의 경우 스패ن(Span) 단위로 분석함을 고려하여 임의의 길이로 구분 할 수 있어 필요시 보수 보강 구간

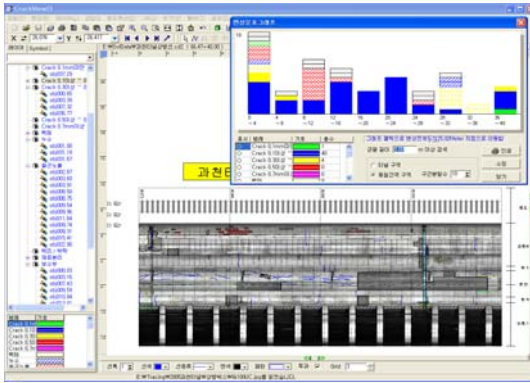


Fig. 5 균열밀도 분석 결과

을 보다 세밀화 할 수 있는 기능을 부여하였다. 이를 통하여 시설물 관리주체에서는 예산에 따라 우선순위를 결정하고 예산의 변화에 따라 해당구간을 축소, 확대 할 수 있다.

Fig. 6은 3차원으로 기존의 외관조사망도를 나타낸 것으로서 이를 통하여 현실적인 데이터베이스(Data Base)의 관리가 가능하고 추가적으로 현장에서 확인할 경우 정확한 정보를 가지고 일상적인 유지관리 업무를 수행할 수가 있다. 즉 시설물 관리주체에서 일상 점검을 실시할 경우 빈약한 장비와 한정된 인원을 투입하여 유지관리업무를 수행하는 것을 개선할 수 있었다. 또한 이러한 현실감있는 3차원 영상을 구현함으로써 일상점검, 정기점검, 특별점검 등에 활용할 수 있어 사용자가 수시로 확인하게 하였다.

라. 결과 분석

새로운 터널유지관리시스템을 과천터널에 적용하여 시스템의 적용성을 분석하였다. 적용한 결과, 기초정보, 시공정보, 유지관리정보를 입력하는 기법을 정리하였고 이러한 각 입력 모듈간의 상호 연관 관계를 정리하여 입력할 수 있게 함으로써 과천터널에 대한 설계, 시공, 유지관리 자료가 일관성 있고 체계적으로 연계되어 정리할 수 있어 매우 유용한 시스템으로 분석되었다. 또한 열차차단시간이 제한적이고, 열차 운휴시간에도 전기, 신호, 교차 등의 부분에서 모터카 등이 운행됨에 따라 실제로 시설물 유지관리를 위하여 할애된 시간이 미미한 등 현장 여건이 열악한 것을 고

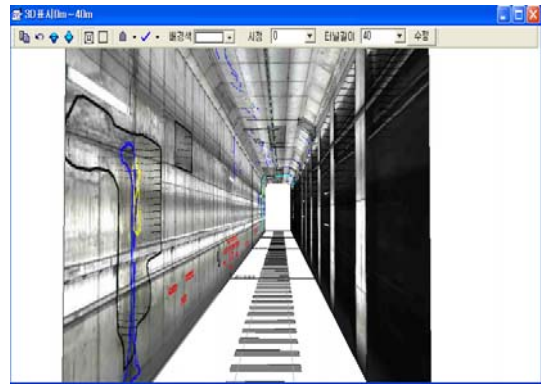


Fig. 6 영상데이터를 포함한 3차원 결과

려할 때 본 시스템의 효용성을 충분히 확인할 수 있었다.

4.2.2 노령 제2터널

노령 제2터널은 철도시설공단 산하 순천지역사무소에서 관리하고 있는 복선형 터널이다. 제원은 터널 높이 7.7m, 폭 9.4m이며 해당구간의 호남선 노령역과 백양사역 사이의 1985년에 준공한 콘크리트 라이닝 터널이다. 이는 전체 구간이 2,300m에 이르는 장대 터널이며, 호남선에서의 선로 개량사업과 더불어 보수 보강이 지속적으로 실시되고 있는 구간이다. 또한 대 단면 터널에서의 효용성을 분석하고 기존의 시스템 보완 결과를 확인하고자 새로운 터널 유지관리시스템을 적용하였다.

기존에 실시한 정밀안전진단 2차의 외관조사 결과를 분석하면 1차의 육안조사 결과와는 충분한 정밀도를 가지고 있을 뿐 아니라, 균열의 정확한 상태와 위치가 명기되어 있다. 또한 보수 보강부위 및 각종 면상의 열화부가 정확히 표기되어 있다. 반면 이러한 면상의 외관조사 결과는 현실감이 부족하여 실제 터널 관리주체에서 정밀도와 효율적인 면은 인식하고 있으나 체계적으로 사용되고 있지 못한 상태였다. Fig. 7는 새로운 터널 유지관리시스템에 적용한 결과로서 실제 터널 현장에서의 서 있는 듯한 가상 이미지가 형성됨에 따라 터널의 상태를 효율적으로 확인할 수 있었다.

즉 새로운 터널 유지관리시스템을 적용하면 실제 터널 현장에서의 있는 듯한 가상 이미지가 형성됨에 따

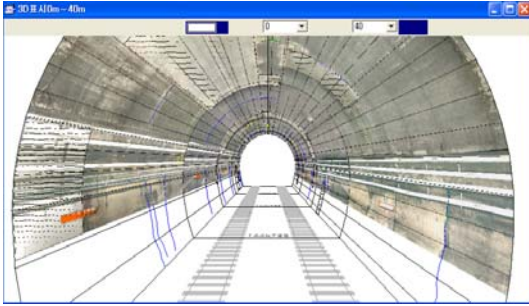


Fig. 7 영상데이터를 포함한 3차원 영상

라 터널의 상태를 훨씬 효율적으로 확인할 수 있었다. 또한 노령 제 2터널과 같은 터널 높이가 7.7m의 장대 대단면 터널에 적용함으로써 현장접근이 어려운 경우 본 시스템이 보다 유용한 것으로 분석되었다.

4.3 새로운 터널 유지관리 시스템을 이용한 사고 원인분석

터널 구조물에서 발생하는 문제점들에 대한 원인을 정리하여 새로운 터널 유지관리시스템에 적용함으로써 사고 예방을 할 수 있는 방안을 제안하였다. 이는 현장조사를 실시함에 있어 한정된 조사시간과 열악한 조명, 비전문가에 의한 외관조사 등으로 인하여 정확한 원인을 분석하는데 한계가 있다. 따라서 새로운 터널 유지관리시스템에서는 내입 및 외입시에 유사한 형태의 균열 등의 열화현상이 있을 경우 도움말 기능을 부과함으로써 기 제시한 3차원 영상 등과 비교할 경우 사고의 원인을 추정하는 기여할 것으로 판단된다.

더불어 비전문가에 의한 정기점검 등을 실시하고 난 후 문제점이 있을 것으로 판단되는 구간에 대해서는 개략적인 원인을 파악하고 난 후 보다 세부적인 분석을 활용하는 기법도 사용할 수 있을 것이다.

4.4 새로운 터널 유지관리 시스템을 타 구조물의 적용

○○생산지 내 LNG 저장탱크는 1기당 저장용량 100,000m³이고, PC 외벽과 내면에 스테인레스 막을 설치한 지상식 콘크리트 탱크이다. 이 저장탱크의 높이는 50m이며, 폭은 84m의 대형 구조물임으로 인하

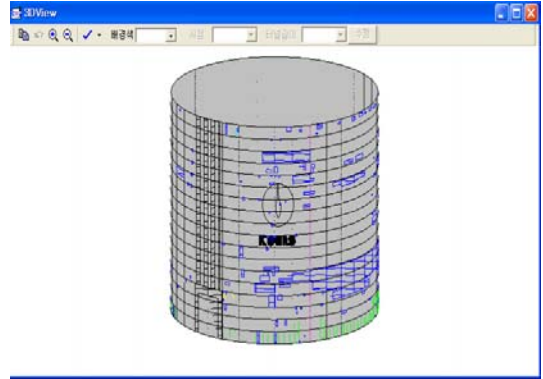


Fig. 8 3차원 영상 결과

여 유지관리에 여러 애로점이 있었다. 또한 탱크가 공용연수 20년 경과한 상태로 기존의 육안조사를 한계를 극복하고 새로운 터널 유지관리시스템의 효용성을 극대화하기 위하여 탱크구조물에 적용하였다.

반면 금번 가스탱크에서 대한 외관조사는 기존의 터널 스캐너에 적용한 스캐닝 시스템을 적용하고자 할 경우 가스탱크 외부에 가설 레일을 설치해야하는 등의 한계점이 있어 디지털 카메라에 의한 스캐닝 기법을 적용하였다. 즉 가스탱크, 유류탱크, 굴뚝, 댐 체제 등과 같은 대규모 구조물의 경우 그 접근이 어렵고, 일단 접근을 할 경우 현장작업자가 큰 위험을 감수해야 하는 특징이 있다. 이에 따라서 대규모 구조물에 대한 육안조사는 망원경 등을 활용할 수 밖에 없었다. 이러한 망원경 등을 이용한 외관조사를 실시할 경우 일반적인 터널에서의 결과와 비교할 수 없을 정도로 부정확할 뿐 아니라, 일일 작업량도 극히 한정된다.

적용결과, 터널이외의 시설물에도 본 시스템이 유용하게 사용할 수 있음을 확인할 수 있다.

5. 결 론

국가 중요시설물인 터널에 대한 일련의 유지관리업무는 관리주체별, 용도별, 규모별로 각각 상이하게 수행되고 있다.

또한 현재 각 관리주체별로 운영중인 국내 터널유지관리시스템을 분석하면 터널 카드와 같이 수기로 작성된 문서 및 초보적인 전산화만이 되어 활용도가 매우 저조한 것이 현 상태이다. 이로 인하여 시간의 경과와

더불어 계획, 설계, 시공 및 유지관리 단계의 자료가 손·망실되어 터널의 유지관리업무가 매우 어려운 것이 현실이다.

이에 터널의 계획, 설계, 시공 단계의 관련자료 뿐 아니라 유지관리단계에서 조사된 여러 현장조사와 터널 스캐너에 의한 결과를 통합한 새로운 터널유지관리 시스템을 구축하고자 본 연구를 수행하였으며, 결론은 다음과 같다.

첫째, 본 연구를 통하여 구축된 새로운 터널유지관리 시스템은 기존의 단편적이고 일차원적인 유지관리 시스템을 개선하여 계획, 설계, 시공, 유지관리 단계에서 종합적으로 사용할 수 있는 시스템을 구축하였다. 이는 터널스캐너에 의한 외관조사 결과 뿐 아니라, 콘크리트 내구성 시험, 중성화시험, G.P.R 탐사, 염화물 함유량 시험, 타음법 조사, 각종 실내 시험결과도 데이터 베이스화하여 저장 관리함으로써 정밀점검, 정밀안전진단시 열화 현상의 진행성, 보수 보강 상태를 분석할 수 있어 보다 실질적인 유지관리 업무를 수행할 수 있게 하였다. 또한, 시설물 관리주체에서 결정하기에 어려운 보수 보강 우선순위에 대하여 터널 밀도 분석기법을 적용함으로써 보다 체계적인 보수·보강 방안을 제시할 수 있게 하였다.

둘째, 기존의 평면형태로 나타내었던 터널 외관조사 결과를 3차원 기법으로 구현함에 따라 현실감 있고 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있었고, 입체 영상데이터를 적용할 경우 실제로 터널 현장에 있는 듯한 가상현실기법을 실현하였다. 이러한 가상현실에서의 외관조사 결과는 최종사용자 입장에서 평상시의 일상점검, 정밀점검시 먼저 터널 현장 여건을 파악한 후 현장 조사를 실시함으로써 지속적인 시스템의 관리가 될 수 있다.

셋째, 터널에서 발생하는 균열 등의 열화현상 패턴

을 시스템에서 확인할 수 있어 안전사고 발생시 원인 파악, 문제점 분석, 유사 사고 방지 대책 방안 등을 강구하는데 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

이상의 연구결과를 근간으로 터널을 비롯한 시설물 유지관리체계에 대한 개선사항을 제안하고자 한다. 즉, 시설물에 대한 정기점검은 2년에 1회, 정밀안전진단은 10년 경과 후 5년에 1회씩 수행하게 되어 있으나, 이는 구조물의 상태와 상관없이 유지관리기간을 법률로서 정한 것이다. 이 경우 구조물에 문제점이 전혀 없는 구간에 대하여 시기가 도래했다는 이유만으로 과도한 유지관리 업무를 수행하여 유지관리 업무가 느슨해지고, 예산이 방만하게 운영되는 등의 단점이 있다. 이에 본 연구에서 터널 유지관리 업무체계를 터널 전 구간에 대한 정기적인 터널스캐너 작업을 실시한 후, 문제점이 발생한 구간에 대하여 특별점검 및 정밀안전진단을 실시할 것을 제안하고자 한다.

참고문헌

1. 건설교통부, “시설물의 안전관리에 관한 특별법”, 2006.
2. 과학기술부, “터널 안전관리를 위한 정밀안전진단시스템 개발”, 1998.
3. 서울도시철도공사, “도시철도 5, 6, 7, 8호선 토목시설물의 안전 및 유지관리 업무지침”, 1995. 12.
4. 한국시설안전기술공단, “안전점검 및 정밀안전진단 실무요령”, 2003. 12.
5. JTA 保守管理委員會, トンネルの新しい検査手法(1), トンネルと地下(日本トンネル技術協會誌), Vol. 27, no. 8, 1996, pp. 57-65.
6. A. ammouche, J. Riss, D. Breyse, J. Marchand. “Image analysis for the automated study of microrcracks in concrete” Cement & Concrete Composites, v. 23 issues 2-3, 2001, pp. 267-278.

(접수일자 : 2007년 10월 8일)