

인터넷을 활용한 터널안전진단 현장지원



윤주수
시설안전기술공단 이사장



이중우
시설안전기술공단 지하시설실 차장

1. 개요

현재 세계적으로 초고속 네트워크의 구축과 정보 인프라의 급속한 발전과 함께 건설의 계획, 설계, 시공, 계측 및 유지관리 등의 여러 분야에서도 디지털 통신기술을 이용한 업무 개선 및 효율화를 꾀하고 있다. 즉 진단 및 건설현장의 상황과 전문가의 지식을 전자문서 형태로 전환함으로써 기술적 성과를 얻어가고 있다.

현재 우리나라는 국가의 주요 인프라인 유선망에 있어서만큼은 세계의 어느나라에도 뒤지지 않는 수준으로 2000만 이상의 통신회선을 보유하고 있으나, 이러한 유선망은 관로공사나 케이블 공사 등으로 인해 이를 구축하는데 비용이 많이 들고 인구밀도가 작은 농어촌이나 산간벽지, 특히 진단 및 건설현장 등에서의 망구축에 어려움이 수반된다.

이에 대한 대안으로 무선가입자망(WLL; Wireless Local Loop)을 활용한 인터넷망의 이용이 제기된다. 현 단계에서의 위성인터넷은 고속의 하향 데이터 수신을 위한 위성안테나와 상향 데이터 송신을 위한 유선모뎀의 결합체로 진정한 무선 데이터 통신이라 할 수 없을 뿐만 아니라, 진단이나 건설현장의 경우 디지털 데이터 수신량보

다는 상향 데이터 송신량이 월등히 많으므로 큰 효과를 얻기는 어려운 상태이다.

따라서 유선모뎀과 비슷한 전송속도를 갖는 디지털 이동전화망을 이용하여 인터넷망에 접속하는 것이 현재 이용 가능한 최상의 방법으로 판단되며, 차후에는 현재 상용화를 앞두고 있는 IMT-2000을 활용하여 더욱 적극적인 현장지원이 이루어질 것으로 판단된다.

본고에서는 터널 진단시에 무선인터넷을 이용하여 진단현장과 본사 혹은 타지역에 있는 기술 전문가와의 기술적 연계를 구축함으로써 보다 효율적인 인력관리와 신속한 진단업무 개선의 사례를 소개하고자 한다.

2. 무선테이터 통신의 활용

현재와 같은 현장지원 시스템의 경우 진단 및 건설현장의 기술자가 해결하기 어려운 문제에 직면하여 전문가의 지식을 활용하기 위한 기술지원 및 후속조치 요청시 유무선 전화와 팩스 등을 이용해 현장상황을 설명하고 자문요청을 할 수 있다. 그러나 이러한 방법은 자문 당사자인 전문가가 현장의 여건을 정확히 판단해 자문에 응할 수 없으며, 전문가가 직접 현장에 이동해 자문에 응해야 하는

등의 번거로움과 시간적, 금전적 손실이 발생된다.

그러나, 무선 데이터통신 환경을 이용한 현장지원이라는 전문가 지식공유 시스템을 도입할 경우, 현장상황의 정확한 이해를 통한 효율적 자문과, 전문가가 직접 현장에 이동해 자문을 행해야 하는 상황에도 이동 중에 현장과의 자료 전송을 통해 현장 도착시 즉각적인 자문 및 조치가 가능하다는 장점이 있다. 즉, 소수의 전문기술자로 다수의 현장을 지원할 수 있어 현장 기술력 부족에 따른 문제점을 보완할 수 있으므로 공기지연, 부실공사 원인 등을 제거할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

이와 같은 무선데이터 통신을 이용한 전문가 현장지원 시스템의 흐름도는 그림 1에 나타낸 바와 같다.

3. 무선인터넷을 이용한 터널진단

본 과업은 강원도 소재 OO터널의 정밀안전진단으로서 대상 터널은 연장 2,000m의 2차선 도로터널이며 산악지역에 NATM으로 준공된 터널이다.

정밀안전진단의 1차 조사시 3개 항목의 특이사항을 발견하고 이에 대한 내용 및 디지털 사진 자료를 노트북 컴퓨터와 휴대폰을 연결하여 본사로 송부하고 분야별 전문가의 자문 및 그 결과에 따른 조치사항을 마련하였다.

발견된 특이사항은 다음과 같다.

- 1) 터널 입·출구부의 절토로 인한 사면 안정성 문제
- 2) 터널 내부 라이닝의 35mm 단차 발생
- 3) 타격음을 통한 터널 천단부 공동 징후 발견

이와 같이 현장에서 촬영된 자료들인 사진 1은 터널입구부의 절토부 암사면을 나타내며 사진 2는 터널 내부의 라이닝 단차발생 부위를 나타내고 있다.

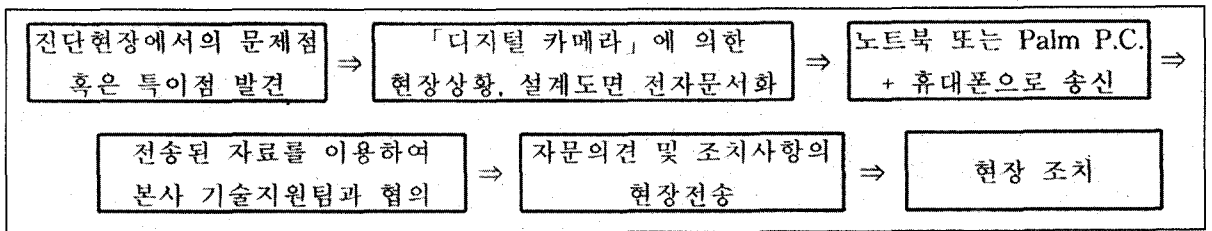


그림 1. 현장지원 시스템 흐름도

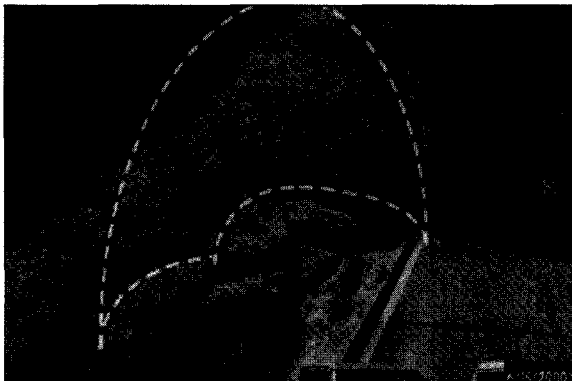


사진 1. 입구부 암사면

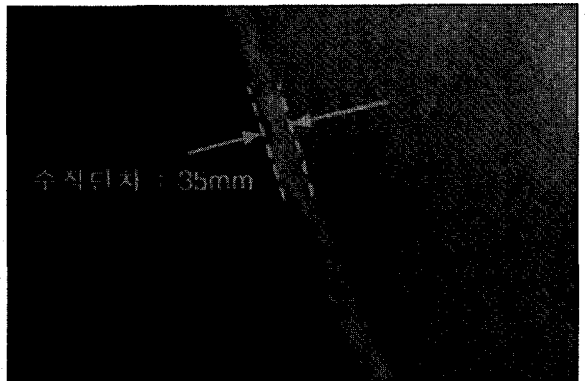


사진 2. 라이닝 단차 발생부위

4. 기술 검토사항

■ 사면안정성 검토

• 송부한 촬영 자료를 볼 때 터널입구사진, 입구 좌측 사면의 경우 경사각 30° 정도의 우세한 절리면과 수직 방향의 절리면이 많이 발생해 있음.

- 수직절리면으로의 전도파괴와 경사면으로의 평면 파괴 가능성이 있는 것으로 판단되므로 평사투영법 해석에 필요한 보다 정밀한 암반사면의 주향 및 경사, 파쇄대 범위의 측정
- 정면부는 비교적 massive하여 안정적으로 보이나 후면의 tension joint 등이 의심되므로 후면의 정밀 관찰

■ 터널 라이닝의 단차발생

• 사진만으로는 구조물의 침하, 외력에 의한 라이닝의 전단파괴 등 그 원인을 정확하게 판단하기 어려우므로 다음 사항의 추가 조사 지시

- 바닥 도로면에도 침하로 인한 균열 발생 유무 조사
- 균열의 진행성이 의심될 경우 균열게이지를 설치하여 지속적인 조사 요망

• 현장조사 및 설계 도면 검토결과 발생위치인 0k+704 지점은 터널 지보 패턴I과 패턴III의 접합면인 것으로 나타났으며 GPR 탐사결과 배면콘크리트 타설시 거푸집이 밀려나온 것으로 확인됨

■ 터널 라이닝 타격음을 통한 배면 공동

- 터널 라이닝 배면공동의 범위 및 라이닝의 최소 두께 측정이 필요함
- 라이닝 두께 및 공동의 범위측정을 위해 3차원 GPR 측정 실시

5. 배면공동 규모 파악을 위한 3차원 GPR 탐사

1) 공동개요

그림 2와 같은 공동이 터널의 천단아치부, 천단부로부터 30cm 이격된 위치에서 조사되었다.

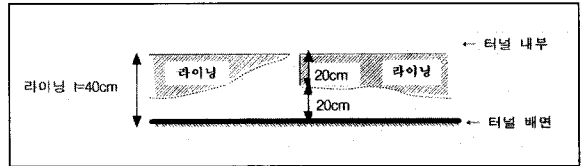


그림 2. 공동개요

2) 자료획득, 처리

공동발견위치에서 8개의 측선(길이 4.9m)을 25cm 간격으로 설정하여 탐사하였다. 탐사시 주파수 900MHz 안테나를 사용하였으며 그 외 탐사에 사용된 탐사변수는 표 1과 같다. 그림 3은 탐사개요를 설명하고 있다.

표 1. 탐사변수

탐사변수	탐사 지속시간	사용 안테나	측점간격	샘플링 간격	총합수	측선간격
결정값	25ns	900MHz	0.03m	0.1ns	4	0.2m

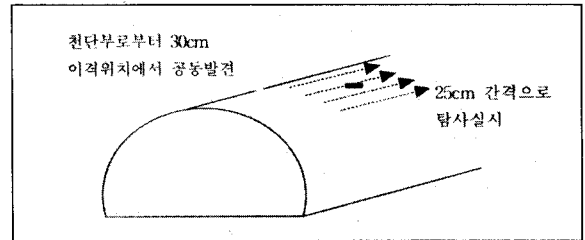


그림 3. 탐사위치 및 탐사개요

8개 측선에서 획득된 각 측선의 자료는 자료편집, 신호 포화보정(Dewow), 시간영점보정(Set time Zero) 등의 일반적인 처리를 적용하였으며, 수직·수평분해능을 증가시키기 위하여 디컨벌루션(Deconvolution)과 F-K 필터를 적용하여 처리하였다.

3) 획득자료와 3차원 영상화 및 규모추정 가. 획득자료

탐사 후, 기본적인 처리과정을 거친 획득자료의 경우, 공동 상부면까지의 반사파 도달시간은 2.5~7.5ns 이므로 콘크리트내 전자파속도를 10cm/ns로 적용하면 공동까지의 콘크리트 라이닝 두께는 12~37cm임을 알 수 있었다. 공동 하부면에서 발생하는 반사신호는 상부면에서 발생하는 신호와 중첩되어 분리되지 않는다.

공동 하부면에서 발생하는 반사신호는 탐사측선 4.8m 중 1~2.4m 위치에서 탐지가 되고 있으며 공동 노출위치 이후에서는 전 측선에서 탐지되지 않았다. 이는 900MHz 주파수의 수직분해능을 실험결과를 고려할 때 공동 노출위치 이후의 공동두께가 30cm 이하라는 것을 의미한다.

탐지가 가능한 공동 하부면에서 발생된 반사신호의 기록시간은 상부면에서 발생하는 반사신호와 2.5~3.2ns 차이가 나므로 공동의 두께는 38~40cm임을 알 수 있었다. 그림 4는 공동이 탐지된 영역과 탐사결과이다.

그림 5는 각 측선의 획득자료를 취합하여 3차원 영상을 구성한 것으로서 그림으로부터 전체 공동의 규모와 형상을 추정할 수 있었다.

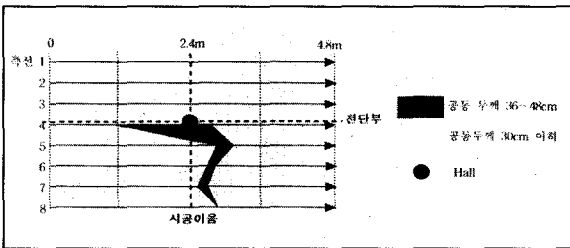


그림 4. 공동이 탐지된 영역과 탐사결과



(a) (b)
그림 5. 공동의 3차원 영상

6. 결론

이상의 무선인터넷을 활용한 진단현장 지원체계를 구축함으로써 원거리에 위치한 진단현장과 본사 전문기술진과의 실시간 현장지원 및 자문효과를 얻을 수 있었으며, 상세한 내용은 다음과 같다.

(1) 현장조사와 본사의 분석 및 평가작업을 병행할 수 있으므로 현장에서의 긴급상황 혹은 기술적 문제 해결을 위한 소요시간 감축이 가능하여 공기절감효과 및 이에 따른 경제적 이익과 함께 적절한 조치를 신속히 실시함에 따른 진단업무의 질적 향상이 도모될 수 있다.

(2) 본사 우수기술진이 안전진단 대상 시설물의 주된 결함특성을 파악하고, 그 원인규명과 대책 마련에 필요한 현장조사를 지시함으로써 1회 조사로도 분석에 필요한 모든 자료 획득 가능하다. 특히 수로터널, 철도터널의 경우 제한된 단수시간 및 열차 차단시간내에 모든 조사를 수행해야하므로 큰 효과를 볼 수 있다.

(3) 본사 우수기술진이 전국의 모든 현장을 동시에 지원 가능하므로 효과적인 인력운용이 가능하다.

(4) 일반적인 건설 및 진단현장에서 많이 사용하고 있는 장비에 무선인터넷 활용이라는 발상의 전환만으로도 현장과 전문가의 지식을 공유할 수 있는 시스템의 구축이 가능하다.

현재 휴대폰의 경우 무선데이터 전송속도가 9.6~28.8kbps로서 대량의 자료 전송에는 많은 시간이 소요되나, 이는 데이터 압축기술 및 무선데이터기술의 발달속도에 비추어 볼 때에 근시간 내에 동영상과 같은 대용량의 데이터도 짧은 시간내에 전송이 가능할 것으로 보인다.

진단현장과 본사간의 단순한 자료전송뿐만 아니라 현장의 계측 데이터, 외관조사망도, 디지털 사진 등의 데이터를 종합적으로 분석할 수 있는 시스템이 개발될 경우 더욱 효율적이고 효과적인 무선데이터 통신을 이용한 현장지원 체계가 구축될 것이다.

참고문헌

1. 민경덕, 서정희, 권병두, 응용지구물리학, 우성문화사, 1987.
2. (주)대우건설기술연구소, 터널 안전관리를 위한 정밀 안전진단 시스템 개발, 과학기술부, 1998.
3. 건설교통부-시설안전기술공단, 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(터널편), 1996.
4. (財)鐵道總合技術研究所, 변상터널대책공 설계 매뉴얼, 1998.
5. (財)鐵道總合技術研究所, 터널 보수·보강 매뉴얼, 1990
6. 일본도로협회, 도로터널 유지관리편람, 1993.

● 회비납부 및 신상변동 신고안내 ●

회원여러분께서 납부하시는 회비는 협회운영의 소중한 재원으로 활용되고 있습니다.

회원제위께서는 체납된 회비를 납부하시어 원활한 협회운영에 협조하여 주시기 바랍니다.

회비납부는 입회안내를 참고하시고 또한 신상에 변동이 있는 회원께서는 **협회사무국(전화 : 2203-3442, 팩스 : 2203-3553, e-mail : krtna@chollian.net)**으로 연락하여 주시기 바랍니다.