

첨단 IT 융합 터널 건설 기술 방향

글 | 김창용 | 한국건설기술연구원 지하구조물실장(책임연구원) Email : cykim@kict.re.kr

1. 서론

터널의 설계 및 시공기술은 시대의 요구와 기술력에 의존하면서 발전하였다. 현재 국내의 터널은 순수 국내에서 설계되고 시공되고 있지만 국내의 독창적인 기술개발보다는 선진외국의 터널기술과 장비를 그대로 들여와서 사용하고 있는 실정이다. 특히 선진외국 터널기술의 도입과 사용만으로는 국내실정에 적합한 터널기술로의 발전을 더디게 하며 아직도 시공분야를 제외하고는 선진외국의 터널기술과 상당한 차이를 보이고 있고 새로운 분야에 대한 창의적인 연구가 매우 미흡한 실정이다.

본 고에서는 터널기술의 국제 경쟁력 확보 및 미래 수요기술에 대한 대응 전략을 체계적으로 수립하기 위한 선진 기술개발 방향 중 첨단 IT 기술을 접목한 터널기술 발전 방향에 대해 고찰하고자 한다.

(Knowledge-Based Expert System)이나 인공지능경회로망(Neural Network), 퍼지이론(Fuzzy Theory) 및 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)과 같은 인공지능기법(Artificial Intelligence Techniques)은 경험적인 혹은 수학적인 수식을 풀어나가는 전통적인 방식과는 달리 학습을 도와주는 경험, 지식이나 패턴을 일치시키는 방식으로 문제를 풀기 때문에 지반 및 암반의 불확실성과 불균질성, 구조적 복잡성 등을 줄일 수 있다.

또한 D/B 구축을 통하여 지속적으로 축적된 정보를 학습에 이용함으로써 정보가 누적 될수록 적용성이 커질 수 있는 장점 때문에 이러한 인공지능기법(AI)과 DB를 접목한 정보화 시스템을 토목분야에 적용하는 사례가 점점 많아지고 있다. 이러한 공학적인 판단에 사용되는 인공지능기법과 함께 복잡한 지반상태 및 구조물의 가시화를 위한 3차원 영상화 해석기법과 가상현실(Virtual Reality)기법이 많이 활용되고 있다.

2. 첨단 IT기술을 적용한 터널 시공 기술

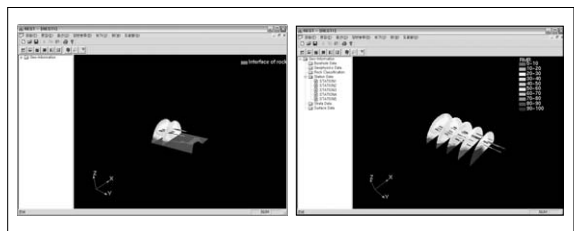
최근에는 건설관리의 효율성과 시공능력의 향상을 위하여 컴퓨터 기술을 이용한 전산화를 통하여 조사, 설계, 시공, 그리고 유지관리 단계에서의 자동화 및 이들 정보의 네트워크화를 목적으로 하는 터널 정보화에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한, 복잡한 지반공학 적 문제를 해결하기 위한 새로운 해석 기법 등의 소프트웨어 툴이 폭넓게 도입되고 있다. 이러한 첨단 IT 기술을 이용한 터널 기술에 대하여 소개하고자 한다.

2-1. 인공지능(AI) 활용 기술

산업 전 분야에 많이 활용되고 있는 지식기반 전문가시스템



[그림 1] 인공지능 및 VR기반 인접구조물 안전성 평가

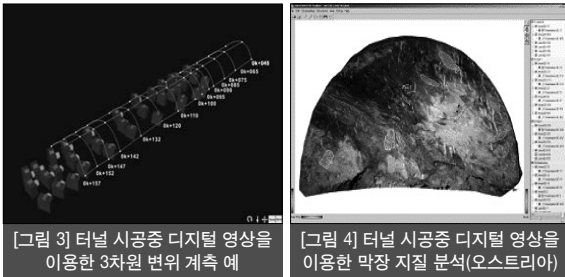


[그림 2] 데이터 퓨전 기법을 이용한 막장 정보 3차원 시각화

2-2. 디지털 영상 활용 기술

디지털 영상 계측은 1960년대부터 활발히 연구가 진행되어 1970년대부터 산업전반에 걸쳐 정밀측정 분야에 응용되기 시작하였으며, 고속도 컴퓨터 및 디지털 이미지 자동처리, 디지털 영상 계측의 개발로 정확도 및 처리시간에서 크게 발전되어 왔다. 이러한 디지털 영상을 터널 건설에 이용하기 위한 시도가 활발히 진행되고 있다. 현재 터널 건설에서 디지털 영상을 활용할 수 있는 분야는 막장 지질조사와 3차원 변위계측 등이다.

터널이라는 제한된 공간에서의 디지털 영상 활용은 조명 문제와 협소한 촬영 공간이라는 제약에도 불구하고 기존의 방법에 비해 다양한 장점(공기 절감, 정량적 분석 등)을 가지고 있어 향후 전통적인 방법을 대체할 수 있는 기술로 평가되어지고 있다. 최근에는 레이저스캐너와 디지털 영상 처리 기술을 융합한 컬러 레이저 3D 스캐닝이 유럽을 중심으로 상용화 되는 등 영상 이미지를 활용한 방안이 더욱 각광 받게 될 것으로 보인다.



[그림 3] 터널 시공중 디지털 영상을 이용한 3차원 변위 계측 예

[그림 4] 터널 시공중 디지털 영상을 이용한 막장 지질 분석(오스트리아)



[그림 5] 터널 레이저 스캐닝 활용 사례(오스트리아)

2-3. 초소형 센서 활용 기술

건설공사의 안정성 평가를 위해 다양한 센서가 활용되고 있으며, 터널에서도 시공 중 및 완공 후 지반 및 지보재의 거동을 파악하기

위한 다양한 센서가 활용되고 있다.

이러한 센서가 효율적으로 활용되기 위해서는 저렴한 가격에 가능한 공학적 분석에 용이하도록 정밀도를 확보할 수 있어야 한다.

최근에 각 분야에서 중점적으로 연구가 진행 중인 초소형 반도체 센서인 MEMS(Micro-Electro-Mechanical System)를 터널 시공 중에 활용하는 것도 좋은 방안이 될 수 있다.

예를 들어 터널 시공 완료 후 지반 및 지보재에 대한 실질적인 거동 계측은 콘크리트 라이닝으로 인해 불가능하기 때문에, 시공 중에 MEMS 센서를 이용한 계측기를 무선화하여 영구 설치하게 되면 시공이 완료된 후에도 지반/지보재의 거동을 계속해서 계측할 수 있는 시스템으로 활용할 수 있다.



[그림 6] MEMS 가속도 센서 형태 및 이를 이용한 3차원 지중 변위계 모식도

2-4. On-line 기반 정보화 터널 기술

온라인 터널 정보화 관리는 조사/설계 자료의 효율적인 저장 및 시공시 적극적 활용이라는 중요한 목적을 위해 반드시 필요하다.

이러한 온라인 기반의 터널 정보화 관리를 통한 실제 설계 단계 및 시공 단계에서의 연계방안이 마련되어질 수 있으며 굴착방법 및 지보방법 결정이라는 중요한 문제를 효율적으로 다룰 수 있다.

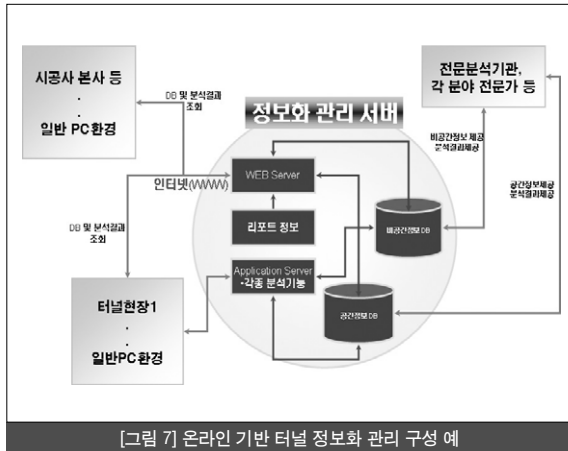
대부분의 경우에 터널 시공 중 직면하게 되는 지반 상태는 조사 및 설계단계에서 예측된 내용과 차이를 보일 수 밖에 없다. 따라서, 시공 중에 지속적인 지반공학적 모델의 갱신과 굴착 및 지보방법의 수정/보완이 필수적이다.

또한, 터널 시공 중 다양한 의사결정시에는 토목, 지질, 암반 등 다양한 분야의 전문가들이 필요하다. 하지만, 국내와 같이 각 분야의

전문가들이 터널 현장에 상주해 있지 않거나, 의사결정회의가 용이하지 않은 경우에는 이러한 온라인 기반의 정보화 관리방법을 통하여 전문가들이 터널 시공 상태를 쉽게 확인하여 신속하고 적절한 의사결정이 가능 할 수 있을 것이다.

특히, 국내와 같이 인터넷 인프라가 잘 갖추어져 있는 환경속에서 이러한 온라인 기반의 터널 정보화 관리의 시간적, 경제적으로 큰 비용을 줄일 수 있는 효율적이고 실용적인 관리체계의 필수 요건이다.

터널 시공현장에서는 고사양 PC의 사용 및 고급분석 기능을 직접 수행하기가 어렵기 때문에, 정보의 입력 및 분석결과의 조회와 같은 단순한 처리를 주로 수행하도록 하는 것이 바람직하다.



그리고, 입력된 터널 정보의 효율적인 저장, 활용, 분석 방안 등은 터널 전문가 집단에서 별도로 수행하여 그 결과를 현장에서 손쉽게 조회 가능 하도록 하는 것이 필요하다.

3. 향후 발전 방향

3-1. RFID/USN 기반의 정보화 관리

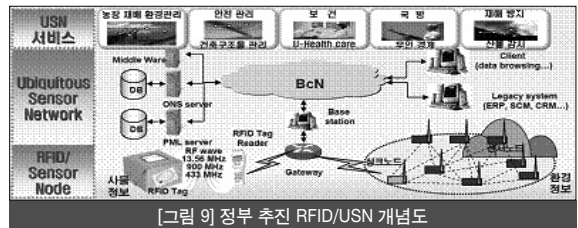
최근 정부에서는 새로운 성장 동력을 통한 국민 소득 증대 방안의 하나로 IT산업에 전문학적인 비용을 투자하고 있다. 특히, 'IT839'라는 정책을 통해 8개의 서비스, 3개의 인프라, 9개의 성과품을 도출한다는 계획을 세우고 있다.

이러한 정책의 핵심이 되는 것이 RFID / USN²이며 핵심적인 개념은 모든 사물에 태그를 부착(Ubiquitous)하여 사물정보 및 환경정보까지 감지(Sensor)하고 네트워크에 연결하여 실시간 관리(Network)한다는 것이다.

아직 국내의 경우 유선 센서 네트워크 적용사례(환경부 대기오염 감시 시스템) 정도가 있으나, USN은 일부 시제품 출시 및 Lab 테스트 수준이다.

이러한 정부정책에 따라 고속도로 건설사업 관리 효율화를 위한 첨단 IT기술을 활용한 건설관리 첨단화 계획이 발표되었다. 전국에 산재된 고속도로 건설현장에 대한 부실시공 및 안전사고를 예방하고 발주자의 의사결정내용을 신속히 전달하여 건설현장 운영의 효율성을 향상하고자 하는 것이다.

터널 건설 공사 역시 활용성이 높은 RFID, USN 등 발전하는 U-IT 기술을 접목하여 언제, 어디서든지, 누구나 필요한 정보를 즉시 획득할 수 있게 한다면 현장관리가 훨씬 수월하게 될 수 있으며, 정부의 통합 서비스와도 자연스럽게 연계가 가능할 것이다.



1. RFID : Radio Frequency Identification, 각종 물품에 소형 칩을 부착해 사물의 정보와 주변 환경정보를 무선주파수로 전송, 처리하는 비접촉식 인식시스템
2. USN : Ubiquitous Sensor Network, 각종 센서에서 수집한 정보를 무선으로 수집할 수 있도록 구성된 네트워크

3-2. 자동 로봇화 기술의 적용

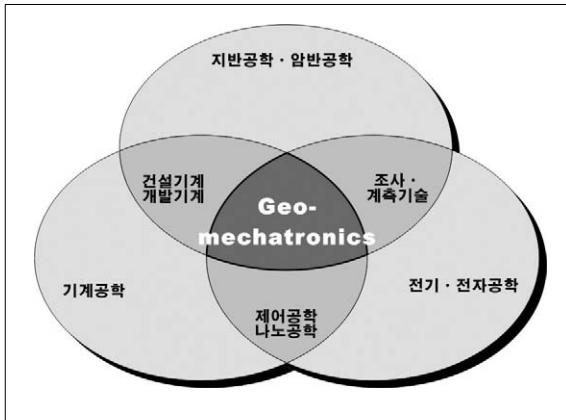
최근에 로봇기술의 비약적인 발전을 통해 고도의 지능화된 로봇을 인간생활에 밀접하게 이용하려는 시도가 지속적으로 이루어지고 있다.

건설 분야에도 이러한 로봇기술을 활용하려는 시도가 현재 추진되고 있다. 건설 분야에서 로봇을 활용할 경우, 위험하고 힘든 작업들을 사람을 대신하여 작업할 수 있으며 유지관리 측면에서도 적극 활용이 가능하여 궁극적으로 경비 절감효과가 기대된다.

또한, 재해 등의 위험지역에서 원격조작 로봇을 활용하여 재해 복구작업을 신속하고 효율적으로 진행할 수 있다.

시공의 자동화/로봇화, 방재의 목적으로 로봇을 활용하기 위해서는 기존의 토목공학, 기계공학의 지식뿐만 아니라 전자공학, 제어공학, 정보공학 등의 지식을 활용하지 않으면 안 된다.

특히, 시공현장, 방재현장에서는 지반재료와 관계되는 문제점들이



[그림 10] Geo-mechatronics 개념도



[그림 11] 스위스 터널 시공 현장의 콘크리트 분사 로봇

많기 때문에 지반공학적인 접근이 반드시 필요하다. 이러한 배경에서 전자공학을 이용한 기계의 자동화를 도모하는 기술 분야인 메카트로닉스(mechatronics)에 지반공학 기술을 융합한 새로운 연구/기술 분야인 Geo-mechatronics 분야가 향후 건설 분야의 블루 오션(blue ocean)을 개척하는 방법이 될 것으로 기대되고 있다.

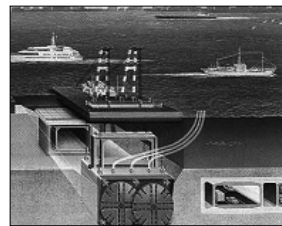
4. 맺음말

터널은 지중에 건설되는 구조물이라는 기존 관념을 타파하는 새로운 터널기술의 개발이 지속적으로 추진될 것이다.

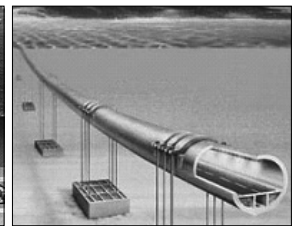
예를 들어 육지와 육지, 육지와 섬 또는 섬과 섬 사이를 연결하기 위한 해저나 하저터널에서 기존 터널공법뿐만 아니라 침매터널이나 해저 및 하저터널이 수중에 부유된 형태로 건설되는 터널도 고려될 수 있을 것이다.

이와 같이 기존 관념에서 탈피한 새로운 개념의 터널과 새로운 터널 및 지하공간 수요를 창출하기 위한 기술개발이 필요하게 될 것이다. 이러한 관점에서 미래에는 최첨단 과학기술에 의해 정보화, 로봇화, 기계화 터널 기술이 정착될 것이다.

특히 다양한 건설로봇에 의한 시공 및 보수·보강, 지반조사 및 설계의 자동화, 시공 중 / 시공 후 터널의 거동을 파악하기 위한 자동 계측시스템에 이르기까지 터널 전 기술 분야에서 이러한 첨단기술과의 융합이 이루어질 것으로 기대할 수 있다. S



[그림 12] 하 · 해저 침매터널



[그림 13] 하 · 해저 부유터널

참고문헌

- 한국건설기술연구원 (2004), 첨단기법을 이용한 터널 정보화 설계/시공 시스템 개발, 과학기술부 국가지정연구실사업 연구보고서
- 김창용, 김광염, 백승한 (2005) 터널 정보화 기술 소개, 터널기술, 한국터널공학회, Vol. 7., No. 1, pp. 53-61.