

터널 시공 공법과 환기 시스템

정진택 / 고려대학교 기계공학과, 교수

들어가며

최근 급속한 경제성장과 더불어 사회간접자본에 대한 관심이 고조되면서 그 어느 때보다 고속도로 및 산업도로의 중요성이 대두되고 있으며, 이에 따른 전국 도로망의 정비와 신규 도로의 건설이 활발하게 진행되고 있다. 특히 국토의 약 70%가 산악지형인 국내 지리적 여건상 도로망의 확충에는 필연적으로 터널의 건설이 포함되며, 예전의 터널(tunnel)에 비해 신규로 건설되는 터널은 그 규모면에서 장대화가 이루어질 것으로 판단된다.

장대화된 터널을 시공하기 위해서는 기존의 공법과는 다른 새로운 기술이 필요하게 되었고, 기존에는 크게 신경 쓰지 않았던 터널 내부의 환기 및 방재문제가 주요한 해결 과제로 떠올랐다.

선진 외국에서는 이미 오래 전부터 터널 환기에 많은 관심을 가지고 자국의 특성에 맞는 설계자료 및 운전 자료를 꾸준히 보완하고 있으나 우리나라는 아직까지 터널설계 및 운전 자료를 외국의 발표 자료에 의존하고 있어 환기시설의 운영 및 설계상에 많은 문제점이 내재되어 있는 현실이다. 따라서 이번 달에는 터널 공법 및 관리에 관한 사이트를 소개하기로 한다.

터널 공법

터널 공법의 선정은 시공의 안전성, 경제성, 그리고 시공의 편이성 등을 종합적으로 검토하여 이루어진다.

현재는 도심 지하공간을 관통하는 터널의 개발, 해저터널의 건설, 산악터널의 개발에서 부딪히는

시공 상의 어려움은 터널 시공 기술의 발달로 대부분 해결된 상태이다. 최근 가장 선호하는 터널 공법으로는 재래식의 공법과 함께 NATM 터널 공법, TBM공법, 침매(沈埋)공법을 들 수 있다. 현재 도심지의 지하철 터널을 비롯한 지하공간의 개발은 대부분 NATM방식에 의해 시공되고 있다.

재래식 공법과 NATM 공법(New Austrian Tunneling Method, 화약발과 굴착법)의 차이는 터널 굴착 시 내부를 지지하는 방법의 차이에 있다. 재래식 공법은 터널을 발파 후 철재 지보공(steel rib)과 콘크리트 Lining(터널내벽을 보호하는 콘크리트 보강 벽체)을 사용하여 터널 내벽을 지지하는 것에 비해, NATM 공법은 지반자체가 주요한 지보재로서 이용되고 Shotcrete, Rock Bolt, Steel Rib에 의해 지반이 본래 가지고 있는 강도를 유지하거나 보강을 해준다.

TBM(Tunnel Boring Machine) 공법은 정상적인 화약장전에 의한 발파 작업이 불가능한 지역(해저 터널, 지반이 약한 지역 등)에서 터널 시공

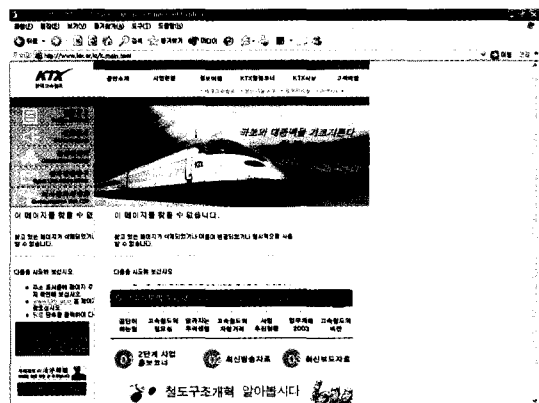


그림 1 고속철도건설공단 홈페이지

시 이용하는 방법이다. 영국과 프랑스를 연결하는 유로 터널은 TBM공법을 이용한 대표적인 터널이다. 침매 공법은 터널 형태의 대형 콘크리트 구조물을 해저에 가라앉힌 뒤 이 구조물을 기술적으로 연결하여 터널을 건설하는 방식으로 홍콩의 Western Harbour Tunnel이 이 방식으로 만들어졌으며, 현재 추진 중인 거가대교(거제도-부산)의 일부 해저 구간도 침매공법을 적용할 계획으로 알려지고 있다.

한편 우리나라는 다음 달에 일본, 프랑스, 독일, 스페인에 이어 다섯 번째로 고속전철을 개통하여 운행할 예정이다. 고속전철의 경우에는 선로의 직 선화를 위하여 유난히 터널이 많은 것을 알 수 있다. 특히 우리나라는 지형적인 특성 때문에 경부선의 경우 총연장 중에 터널 구간이 44%를 차지하고 있어서 독일 ICE(36%), 일본 신간선(14%)에 비하여 훨씬 그 비중이 큼을 알 수 있다. 이번 경부 고속전철 구간 안에 있는 터널의 경우는 이동 전라도 문제없이 사용할 수 있도록 설계, 완공 되었다.

한국고속철도건설공단 홈페이지에 들어가 보면 자세한 기술 현황과 세계의 여러 고속전철에 대한 정보를 얻을 수 있다.

외국 사례로서 Western harbour tunnel이나

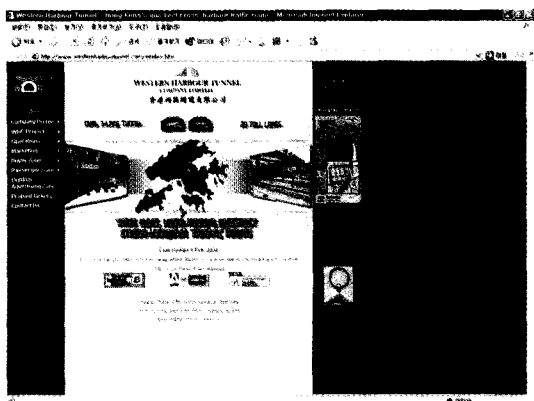


그림 2 Western harbour tunnel 홈페이지

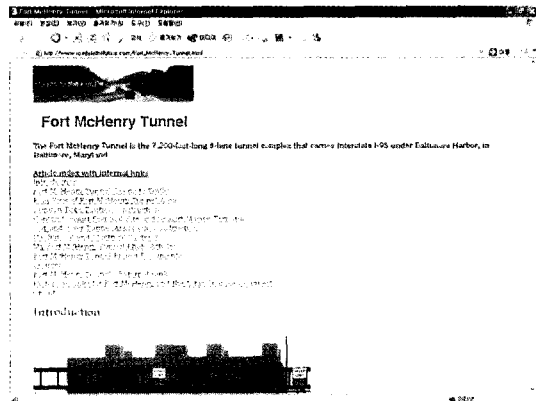


그림 3 Fort McHenry tunnel 홈페이지

Fort McHenry Tunnel 등의 홈페이지에 들어가 보면 각 터널의 규모나 특징뿐 아니라 건설 과정 등에 대해 자세히 알 수 있다.

http://www.ktx.or.kr/k_main.html

<http://www.westernharbourtunnel.com>

http://www.roadstothefuture.com/Fort_McHenry_Tunnel.html

터널 환기 시스템

터널이란 공간은 구조적으로 폐쇄되어 있는 공간에 오염물(자동차의 배기가스로 인한 오염)이 축적되어서 직간접적으로 차량내부에 있는 사람에게 피해를 줄 수 있다.

예를 들어 배기가스에 포함되어 있는 CO는 사람이 장시간 노출될 경우 질식을 일으킬 수 있는 유해한 성분이고, 매연은 운전자의 시계를 저하시켜 사고 위험이 증대될 수 있다. 기타 배기가스에 포함된 여러가지 유해 성분들도 터널 내부에서는 축적되고 농축되어 존재할 수 있기 때문에 터널 내부의 환기 시스템은 꼭 필요한 부분이라고 볼 수 있는 것이다.

특히 국내의 산악 지형 특성과 물류비용 감소를 위해 최근 늘어나고 있는 대형 터널의 경우에는 환

기 시스템의 중요성이 더욱 부각되고 있는 것이다.

터널이 완공된 후 대부분의 유지비는 터널 환기장치의 유지 보수에 들어간다고 볼 수 있

기 때문에 주먹구구식의 계산으로 필요 이상의 환기장치를 설치하는 것은 시간이 지남에 따라 막대한 예산 낭비를 초래하게 된다. 그러므로 설계단계서부터 정확한 분석과 연구를 통해 적절한 수준의 환기장치를 설치하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

국내에서도 이러한 중요성을 인식하고 독자적인 연구와 분석을 통해 효율적인 터널 환기시스템을 개발하려는 움직임이 본격화되고 있다.

터널 환기 시스템에 대한 국내 독자적인 기술은 그 성격상 꼭 필요하다고 볼 수 있는데, 터널 내의 공기 및 오염물질의 유동은 지형특성, 기후특성, 차량특성 등에 따라 크게 달라지기 때문이다.

건설 기술 연구원이나 터널 시공 업체 등에서도 터널 내부의 유동을 해석할 수 있는 프로그램이나 환기 시스템을 종합적으로 제어할 수 있는 알고리즘 등을 연구, 개발하고 있다.

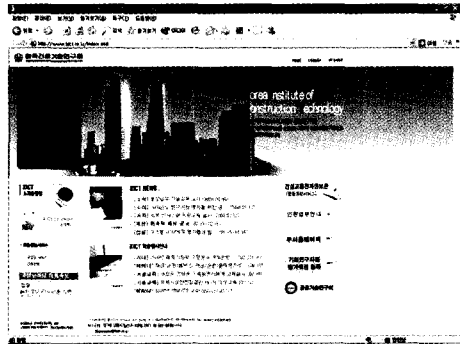


그림 4 한국건설기술연구원 홈페이지



그림 5 터널 및 지하 공간환기연구회 홈페이지

문제가 있음을 드러냈다.

터널에서는 특별히 사람이나 차량이 대피할 곳이 마련되어 있지 않기 때문에 작은 사고가 큰 사고로 연결될 가능성이 항상 존재하게 된다. 이런 경우 일반적으로 사용되는 터널 내 환기 시스템 이외에도 재난사고를 막기 위한 장치가 필요한 것이다.

일반적으로 터널내의 재난사고는 차량 충돌에 의한 연쇄충돌, 그 후 이어질 수 있는 화재사고나 자연 재해로 인한 사고 등을 들 수 있을 것이다. 일반적으로 화재를 진압할 수 있는 시설들이나 화재 시 시야를 확보할 수 있는 비상등은 물론이고, 최근에는 긴 터널의 경우 중간 중간에 차량에 문제가 있을 경우 긴급 정지시킬 수 있는 터널용 임시 갓길도 마련되고 있다.

이러한 내용들이나 기타 터널 내 방재 시스템에 대해서는 터널 및 지하 공간 환기 연구회나 Society of Fire Protection Engineers 등의 홈페이지에 들어가면, 터널 내 재난 사고를 막기 위한 움직임이나 사례, 그리고 법령 등에 대해 자세히 알 수 있다.

<http://www.tvent.or.kr/index.asp>

<http://www.sfpe.org/sfpe/index.htm>

참고 사이트 및 자료

위에서 소개한 사이트 이외에도 터널 공법 및

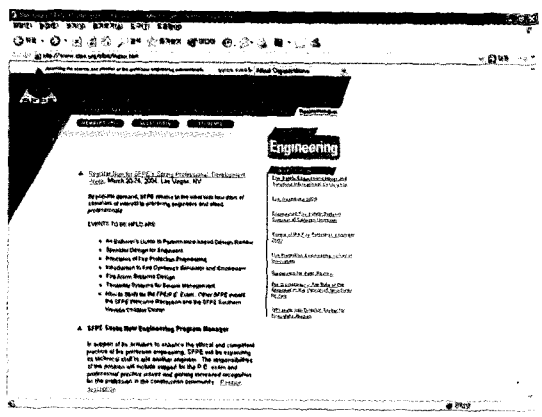


그림 6 Society of Fire Protection Engineers 홈페이지

환기에 관련된 자료를 살펴볼 수 있는 사이트는 다음과 같다.

- 국내 터널 관련 학회 / 협회 및 정부기관 :
 - 대한토목학회(<http://www.ksce.or.kr/>)
 - 대한교통학회(<http://kor-kst.or.kr/>)
 - 한국건설감리협회(<http://www.gamri.or.kr/>)
 - 한국화재보험협회(<http://www.kfpa.or.kr/>)
 - 한국국토연구원(<http://www.krihs.re.kr/>)
 - 건설교통부(<http://www.moct.go.kr/>)
 - 교통개발연구원(<http://www.koti.re.kr/>)
- 해외 터널 관련 학회 / 협회 및 정부기관 :
 - 일본도로공단(<http://www.jhnet.go.jp/>)
 - 일본토목연구센터(<http://www.pwrc.or.jp/>)
 - 일본건설성토목연구소(<http://www.pwri.go.jp/>)
 - AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials (<http://www.aashto.org/>)
 - ACHE, American Society of Highway Engineers (<http://www.highwayengineers.org/>)
 - IITE, Institute of Transportation Engineers (<http://www.ite.org/>)
 - DOT, U.S. Department of Transportation (<http://www.dot.org/>)
 - ASCE, American society of civil engineers (<http://www.asce.org/>)
 - NSPE, National Society of professional engineers (<http://www.nspe.org/>)
 - Construction Specification of Canada

- (<http://www.csc-dcc.ca/>)
- 국내 주요 터널 건설 업체
- 현대건설(<http://www.hdec.co.kr/>)
- 대우건설(<http://www.dwconst.co.kr/>)
- 삼성물산(<http://www.ssc.samsung.co.kr/>)
- 포스코개발(<http://www.posec.co.kr/>)
- LG건설(<http://www.lgenc.co.kr/>)
- 한진건설(<http://www.hjcnst.co.kr/>)
- 두산건설(<http://www.dsland.co.kr/>)
- 해외 주요 터널 건설 업체
- Centex Construction Group (<http://www.centex-construction.com/>)
- Raytheon Engineers & Constructors (<http://www.raytheon.com/rec>)
- Morrison Knudsen Corporation (<http://www.mk.com/>)
- Flour Corporation (<http://www.fluordaniel.com/>)
- Turner Corp. (<http://www.turnercon-struction.com/>)
- Obayashi(<http://www.obayashi.co.jp/>)
- Shimizu Corporation(<http://www.shimz.co.jp/english/index.html>)
- ABB(<http://www.abb.com/>)

맺음말

새로운 공법의 개발과 사회간접자본의 증가로 인하여 앞으로 터널은 더욱 더 늘어날 것이며 또한 장대화될 것이다. 그러나 사회 환경을 구성하는 대부분의 시설물과 마찬가지로 터널은 완공된 이후에 그 역할을 다하도록 관리, 운영하는 것이 무엇보다 중요하다고 하겠다. 결국 터널의 구조적 안전성 유지는 물론, 앞에서 살펴본 환기 및 방재 분야에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 따라서 환기관련 이론 및 설비에 관한 연구, 터널 내 위험요소를 담당하기 위한 계측기 및 화재관련 연구, 그리고 이러한 시스템을 유기적으로 제어하기 위한 알고리즘의 개발 등은 기계공학 분야에서 담당해야 할 영역이라고 생각된다. (정진택 위원 : jchung@korea.ac.kr)