

도심지 대심도 복층터널의 환기 및 방재계획

변상훈¹⁾, 정재호²⁾, 전덕찬³⁾, 신일재^{4)*}, 심동현⁴⁾

A Case Study on M & E Design for Double-Deck Tunnel in Urban Area

Sang-Hun Byun, Jae-Ho Jeong, Duk-Chan Jun, Il-Jae Shin, Dong-Hyun Sim

Abstract The west underground express way is a recent initiated BTO (Build-Transfer-Operate) project for releasing heavy traffic of the existing west express way which is notorious on-ground road for extremely traffic stuck area in the west of Seoul, South Korea. The new express way for light vehicles is the first double-deck tunnel ever designed in South Korea and 10.91 km long including both open cut structures and concrete lining with middle-deck in bored tunnel. Because the new express way is going through underground of heavily populated area, mechanical & electrical design for the safety of drivers in tunnel is one of the most important parts among many design issues. This paper discusses M & E design focuses including ventilation-evacuation plan and various safety facilities.

Key words BTO, Double-deck tunnel, Light vehicle, Middle deck, Ventilation, Evacuation

초 록 최근, 서울시는 기존 서부간선도로의 극심한 교통정체 문제 해결을 위하여 연장 10.91 km에 달하는 새로운 소형차 전용 지하도로를 계획하였으며, 국내최초로 복층터널 형식을 적용하였다. 새로 건설될 서부간선 지하도로가 밀집한 도심지의 대심도 지하공간에 계획되므로, 인명피해 최소화를 위한 환기 및 방재계획이 중요한 문제로 대두되었으며, 본 고에서는 도심지 대심도 초장대 터널내 설비 및 안전시설에 관한 주요계획을 소개하고자 한다.

핵심어 소형차 전용 지하도로, 복층터널, 대심도, 초장대 터널

1. 개요

서부간선도로는 북쪽방향의 성산대교, 내부순환도로와 남쪽방향의 서해안 고속도로, 강남순환도로(공사중)을 연계하는 서울 서남부지역의 남북 고속간선축을 형성하는 도시고속도로이다. 그러나, 노선전체에 걸쳐 접속도로가 다수 존재하며 인구 밀집지역을 통과하기 때문에 현재 서울시 간선도로망 중 가장 극심한 교통 정체 구간으로 간선도로의 기능이 이미 상실되어 있다. 따라서, 도로의 증설 및 확장이 필요하나, 도심지의 토

지가격 상승에 따른 보상비 증가, 민원 및 관원의 다양화 등으로 도로건설에 제약을 받는 실정이다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 (가칭)서서울 고속도로 주식회사는 기존의 서부간선도로 하부를 통과하는 서부간선 지하도로 민간투자사업을 서울시에 제안함으로써, 효율적으로 교통여건을 개선하고자 하였다.

서부간선지하도로는 기존 서부간선도로의 높은 소형차 통행비율을 고려하고 지상공간 영향 최소화 및 지하공간 활용 극대화 등의 목표를 달성하기 위하여 국내 최초로 소형차전용 복층터널 형식을 채택하였으며, 천심도에 밀집된 기존 시설물과의 간섭을 피하기 위해 대심도에 위치하도록 계획하였다.

이처럼, 교통량이 많은 도심의 대심도 지하공간에 위치하는 초장대 터널의 특성을 고려할 때, 서부간선지하도로는 환기 및 방재계획의 중요성이 큰 민자사업으로, 기본설계 단계에서 수립된 터널내 설비에 관한 주요 계획을 소개하고자 한다.

¹⁾ (주)남진설비

²⁾ 서영엔지니어링 지하공간팀

³⁾ (주)유신 터널부

⁴⁾ 현대건설(주) 토목환경기술개발실

* 교신저자 : windsij@hdec.co.kr

접수일 : 2011년 8월 9일

심사 완료일 : 2011년 8월 23일

게재 확정일 : 2011년 8월 25일



그림 1. 서부간선 지하도로 노선 현황

표 1. 주요 표준단면 구성요소

주요 구성요소		
단 면 적	129.0 m ² ~138.3 m ²	
풍도면적	7.09~8.78 m ²	
검사원 통로	750×2,000 mm	
정보표지	350×350 mm	

2. 사업현황

2.1 노선현황

서부간선 지하도로는 서울시 영등포구 양평동(성산대교 남단)과 금천구 독산동(안양천교 인근)을 연결하는 총연장 10.91 km의 양방향 4차로인 소형차 전용도로로서, 연장 1.14 km의 시·중점부 개착구조물 구간과 연장 9.31 km의 대심도 터널구간으로 구성되어 있다. 시·중점부 개착구조물 구간은 지상공간 침범 최소화 및 이용자 중심의 진·출입 편의성을 고려한 노선계획을 수립하였으며, 지하 60~80 m 심도에 위치한 대심도 터널구간은 장대터널 주핵심리를 고려하여 최소 곡선반경 1,500 m, 종단경사 -0.3~0.45%의 평면 및 종단 선형 계획을 수립하였다.¹⁾

2.2 복층터널 현황

서부간선 지하도로는 기존 서부간선 지상도로의 교통

정체해소 및 용량을 확보하기 위해 계획되어진 도로이며, 기존 지상도로 동측에는 상가 및 주거지 밀집지역이 형성되어 있고 지상도로 서측에는 안양천이 위치하고 있다. 따라서 기존 지상도로 하부에 터널을 시공하는 동안 주거지 및 상가지역인 지상공간에 영향을 미치게 되어 대규모 민원이 발생할 우려가 있다. 그러므로, 지상공간 영향 최소화 뿐만 아니라, 굴착단면적 최소화, 합리적인 환기구 위치계획 수립 및 시공성 개선 등을 종합적으로 고려하여 해외의 도심지 터널사례에서 자주 찾아볼 수 있는 복층터널 형식을 적용함으로써 경제성, 안정성 및 시공성이 우수한 지하도로 계획을 수립하였다(표 1).

표 2는 프랑스 A86 East 터널, 중국 Fuxing 터널 및 말레이시아의 SMART 터널 등 해외에서 시공·운영 중인 소형차 전용의 도심지 복층터널 사례이다.^{4),5),6)} 특히, 프랑스 A86 East 터널은 소형차 전용 복층터널을 적용한 민간투자사업의 대표적 사례이다.

표 2. 해외 복층터널 사례

구 분	A86 East 터널	Fuxing 터널	SMART터널
단 면 도			
제한속도	70 km/h	40 km/h	60 km/h
길이깨폭	2.80 m	0.50 m	2.20 m
환기방식	횡류식	제트팬 종류식	수직구 종류식
LCS	0.30 m	0.30 m	0.20 m

3. 환기 및 방재계획

3.1 초장대 터널 특성을 고려한 환기방식 및 방재시설 선정

도로터널 내 공기는 외부 유입물질, 자동차 배출가스 등으로 인해 오염되어 이용자의 건강 및 안전에 영향을 미칠 수 있으므로, 자연환기만으로 터널 내 오염문제의 해결이 어려운 장대터널의 경우에는 기계설비에 의한 환기가 필요하게 된다.

환기시설의 규모를 결정하는 소요 환기량은 터널연장과 밀접한 관계를 가지고 있는데, 장대터널의 경우 제트팬 종류식 환기방식으로는 소요 환기량 처리가 불가능하기 때문에 수직구를 이용한 종류식 또는 횡류식 환기 시스템을 적용하게 된다.²⁾ 또한, 도심지 장대 터널 안에서의 화재 및 교통사고와 같은 비상상황에 대처하

기 위해서는 보편적 방재시설 기준 이외에, 해당 터널의 이용도, 관리방식, 유관기관의 접근성 및 교통방식 등을 면밀히 고려하여 추가적인 설비의 필요성을 검토하고 적절하게 그 규모를 계획하는 것이 중요하다.

이상과 같은 특성을 고려하여 서부간선 지하도로의 환기시스템은 그림 2와 같이 제트팬과 3개의 환기소를 이용하여 급·배기하는 수직구 대배기구 방식으로 계획하였다. 또한 연장기준 방재1등급, 위험도기준 방재2등급에 해당되는 시설이지만³⁾ 도심지 초장대 터널임을 고려하여 방재등급을 1단계 상향하여 위험도기준 1등급의 방재시설을 그림 3 (a)와 같이 적용하였다.

3.2 복층터널 특성을 고려한 피난계획 수립

서부간선 지하도로는 물분무 설비 가동과 함께 화재

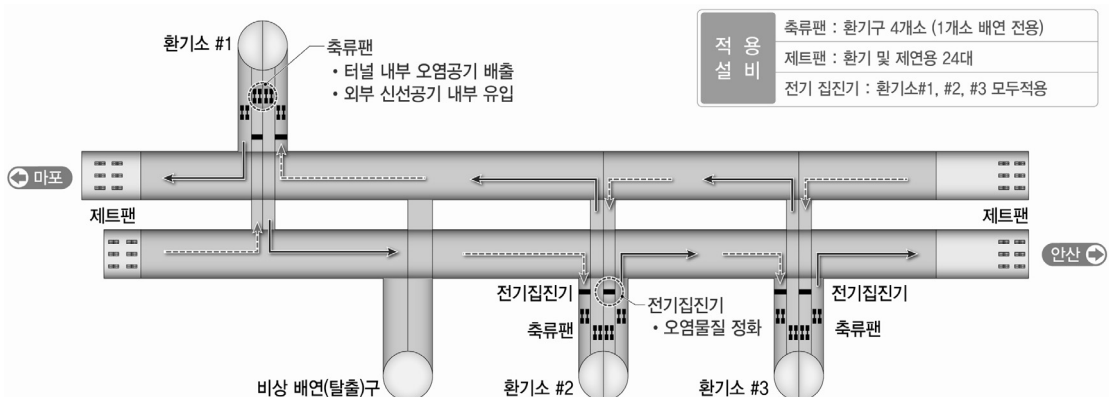


그림 2. 복층터널 환기시스템 개요



(a) 설치개요

(b) 피난연결통로 및 외부탈출로

그림 3. 복층터널 방재시설

진압 및 구난시간 단축을 위해 방재시설을 구축하였으며, 그림 3 (b)와 같이 복층터널 내 비상상황 발생시, 인명대피를 위해 계획한 상·하층 이동형태의 피난연결통로와 4개의 수직구를 이용하여 외부로 탈출할 수 있는 대피통로를 계획하였다. 대피통로 내부에는 구급대원 등이 이용 가능한 비상 엘리베이터를 설치하였으며, 구난되기 전까지 피난연결통로 내부의 교통약자 및 부상자가 화재로부터 안전하게 대피할 수 있는 공간을 확보하고 신선한 공기를 공급하는 등의 계획을 수립하였다.

비 용량 증대의 요인으로 작용한다. 또한, 일반 터널에 적용되는 방재설비 이외에 물분무 설비 및 외부 대피통로 등 추가 안전시설이 필요하며, 대심도에 위치한 집수정 위치를 고려하여 고양정의 배수펌프설비를 적용함으로써 우기시 침수사고에 대비하였다.

3.3 대심도 터널 특성을 고려한 시설계획 수립

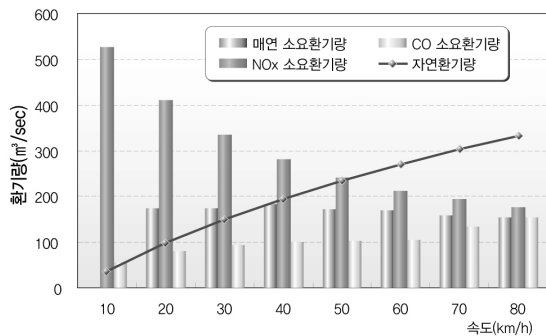
3.4 소형차 전용 터널 특성을 고려한 설비규모 산정

소요환기량은 터널연장 뿐만 아니라 종단경사에도 밀접하게 관계되어 있어, 터널연장이 길어지거나, 종단경사가 클수록 소요환기량이 증가하는 경향이 있다.

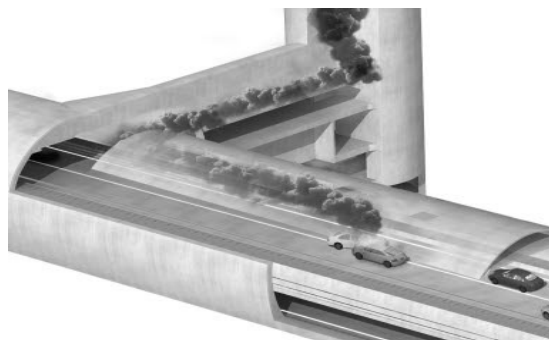
소형차 전용도로는 전 차종이 통행하는 일반 도로터널에 비해 매연배출량이 감소하므로 지속적인 상태에서 일산화탄소 농도와 화재시 제연용량이 환기시스템 규모 산정의 주요 고려사항이 된다.

서부간선지하도로는 최대심도 88 m의 대심도 장대터널로서, 시점 및 종점부에 종단경사 4.9%인 구간이 약 1.5 km이상 계획되어 있어, 소요환기량 증가 및 환기설

따라서, 서부간선 지하도로에서는 매연보다 일산화탄소에 의한 환기량으로 설비용량을 선정하였으며, 차로 폭 3.25 m, 시설한계 높이 3.0 m의 내공면적을 고려하여 성산방향 환기량은 527 m³/s, 광명방향 환기량은 522 m³/s로 적용하였다. 또한 대형자동차의 출입이 통제되어 대형트럭 등에 의해 발생하는 대규모 화재의 위험성이 크지 않으므로 제연설비 용량 산정시 화재강도



(a) 평상시 환기량 산정



(b) 화재시 배연전용풍도를 통한 집중배연

그림 4. 환기 및 제연설비 규모 산정

는 20 MW(차량화재+적재물)를 적용하였다.

3.5 도심지 터널 특성을 고려한 제연계획 수립

밀집한 도심에 위치하는 지하도로에서는 빈번한 지·정체로 인해 차량 자체의 환기압력 이용성이 저하되어 환기설비 용량이 증가되며, 터널내부에서 발생하는 오염물질이 인근 주거지역으로 배출될 우려가 있어 별도의 오염물질 처리대책이 필요하다. 또한, 교통 지·정체 상태에서 화재발생시, 대피하는 인명의 안전확보 측면에서 배연전용풍도의 대배기구를 이용한 집중배연이 필요하다.

서부간선 지하도로는 대도시의 위치적 특성을 고려하여, 환기설비 용량을 증대하고 환기시 오염물질 배출을 저감시킬 수 있는 오염물질 처리설비를 적용하여 터널 이용자 및 주변 주거지역의 쾌적성을 확보하였다. 또한, 평상시에는 수직구를 이용한 종류식 환기시스템이 가동되며, 화재발생시에는 그림 4 (b)와 같은 배연방식을 적용하여 화재지점 200 m 부근 배기구 자동개방, 배연풍도를 통한 화재연기 외부 배출 등의 배연과정을 자동 제어함으로써 연기확산에 의한 인명피해를 완벽히 억제할 수 있는 시스템을 구축하였다.

4. 맺음말

최근, 서울 서남부 지역 고속간선축인 서부간선도로의 교통 지·정체 현상 해소를 위해 계획된 서부간선지하도로는 국내 최초의 소형차전용 대심도 복층터널로서, 그 특성을 고려하여 수립한 환기 및 방재측면의 주요사항들은 다음과 같다.

첫째, 도심지 초장대 터널 특성을 고려하여, 화재시에 배연전용 풍도의 대배기구를 통해 배연할 수 있는 수직구 종류식 환기방식을 적용하고, 방재1등급 시설을 계획하였다.

둘째, 대심도에 위치한 터널 특성을 고려하여, 입·출구 급경사 구간에서 증가되는 소요환기량 반영하고 외부 대피통로를 설치하였으며 배수설비 용량을 증대하였다.

셋째, 복층형 터널단면을 고려하여 피난연결통로를 기존터널의 수평이동방식에서 상·하층 수직이동방식으로 변경하여 적용하였다.

넷째, 소형차전용 터널의 소요환기량 및 화재위험성 감소 특성을 반영하여, 환기설비 용량 및 방재설비 규모를 산정하였다.

다섯째, 도심지 지하도로 특성을 고려하여, 오염물질 배출 저감설비를 설치하고 지·정체시 발생가능한 사고에 대한 대피안전성을 강화하였다.

이상과 같이, 서부간선지하도로는 점차 필요성이 증가되고 있는 대심도 도로터널의 환기 및 방재계획에 대한 방향설정과 대안의 필요성을 제시하는 사업으로서 향후, 유사한 현황의 대심도 도심지 지하도로 계획시, 원활한 사업추진에 미력하나마 도움이 될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. 서울시 도시고속도로 주식회사, 2010, 서부간선지하도로 민간투자사업 설계보고서.
2. 국토해양부, 2000, 도로설계편람.
3. 국토해양부, 2009, 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침.
4. COFIROUTE, 2007, "Focus on Western Europe-The anti-stress expressway", Tunnelling & Trenchless Construction, January/February 2007, pp. 20-23.
5. S. J. Seirer, V. Wetzig, 2006, "Advanced Studies of Fire Propagation in a Motorway Tunnel" 3rd International Conference 'Tunnel Safety and Ventilation' 2006, pp. 307-312.
6. Arthur Darby, Robert Wilson, 2006, "Design of The SMART Project, Kuala Lumpur, Malaysia", International Conference and Exhibition on Tunnelling and Trenchless Technology 2006, pp.190-193.



변상훈
1994년 홍익대학교 기계설계과 학사

Tel: 031-389-6072
E-mail: njeng2@chol.com
현재 (주)남진설비 상무



정재호
1997년 아주대학교 토목공학과 학사
1999년 아주대학교 토목공학과 석사

Tel: 02-6915-8884
E-mail: jhjeong@seoyeong.co.kr
현재 서영엔지니어링 지하공간팀 부장



전덕찬
1984년 서울대학교 토목공학과 학사

Tel: 02-6202-0830
E-mail: dcjun@yooshin.co.kr
현재 (주)유신 터널부 부사장



신일재
1992년 서울대학교 자원공학과 학사
1994년 서울대학교 자원공학과 석사
1999년 서울대학교 자원공학과 박사

Tel: 02-746-3576
E-mail: windsij@hdec.co.kr
현재 현대건설(주) 토목환경기술개발실 부장



심동현
1982년 연세대학교 토목공학과 학사
2009년 연세대학교 토목공학과 석사

Tel: 02-746-2027
E-mail: dhshim@hdec.co.kr
현재 현대건설(주) 토목환경기술개발실 상무