

지하고속도로 국내외 추진사례 및 주요 쟁점사항

A Study on Instances and Issues for Under-ground Expressway



백승걸



강정규



고승영

1. 서론

수도권의 교통수요는 자동차 교통을 중심으로 지속적으로 증가하고 있으나, 도로의 공급은 이에 미치지 못하고 있는 실정이다. 2007년의 지역별 교통혼잡비용을 살펴보면 전국의 교통혼잡비용이 약 25조 9천억에 달하는데, 이중 수도권은 교통혼잡비용이 약 14조 5천억 원으로 전국의 56%를 차지하고 있다. 2008년 전국 도로교통혼잡비용은 26.6조원으로 이는 2008년 한해 도로부문 중앙정부 예산인 7.9조원의 3.4배를 넘는 수준이다.

문제는 장래에도 수도권의 교통수요가 지속적으로 증가할 것이라는 데 있다. 대도시권 광역교통기본계획(국토해양부, 2007)에 의하면 서울을 중심으로 반경 50km까지 생활권이 확대되고, 택지개발사업의 확대로 광역교통수요가 지속적으로 확대될 것이라고 예상하고 있다. 수도권 내 서울외곽의 거점도시들의 도시기능이 강화됨에 따라, 수도권

공간구조의 광역화도 지속적으로 이루어지고 있다. 따라서, 향후 광역 수도권의 통행량은 지속적으로 증가할 것으로 예측할 수 있다.

2030년에 수도권의 인구와 차량수는 2,600만과 1,400만대에 달한다고 예측되고 있으며, 수도권 총 목적통행량은 2005년 4,913만 통행에서 2026년 5,436만 통행으로 증가하며 서울과 인천/경기도간 수단통행량 역시 466만 통행에서 600만 통행으로 증가할 전망이다. 이에비해 2006년 기준으로 환승 포함시 36.3%였던 수도권 승용차 분담율은 2036년에는 환승 포함시 37.4%로 계속 높아질 것으로 예측되고 있다. 이는 서울시 외곽뿐만 아니라 서울시 내부의 교통혼잡을 더욱 악화시킬 전망이다.

2008년도 고속도로 노선별 혼잡구간 현황을 살펴보면 총연장 3,142.9km 중 292km, 9.3%가 혼잡구간이며, 이중 수도권에 위치한 노선의 혼잡구간이 222km로 전체 혼잡구간의 76%에 해당하

백승걸 : 한국도로공사 도로교통연구원, bsktrans@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3311, 직장팩스:031-371-3319

강정규 : 한국도로공사 도로교통연구원, kangsan@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3301, 직장팩스:031-371-3319

고승영 : 서울대학교 건설환경공학부, sykho@snu.ac.kr, 직장전화:02-880-1447, 직장팩스:02-873-2684

여 수도권내 고속도로의 혼잡이 타 지역에 비해 크게 높은 것으로 분석되었다. 환경적 측면에서도 많은 부작용이 발생하고 있다. 혼잡에 의한 배기가스로 인한 대기오염도가 높아지고 있으며, 차량 소음으로 인하여 도시소음도 역시 증가하고, 지상도로 건설을 위한 공사환경에 대해 부정적 인식들이 커지고 있다.

이와 같이 수도권의 지속적인 자동차 교통량 증가와 택지개발로 인한 광역교통수요의 확대에 대비한 새로운 도로교통시설의 공급대안이 반드시 필요한 실정이지만 토지가격의 상승으로 인해 도로부지의 확보 또한 어려운 실정이다. 대도시권의 도로시설 공간부족, 공사 환경에 대한 혐오 및 토지가격의 상승 등과 함께 최근 기반굴착 및 터널기술의 발전 등의 여건변화는 지하도로에 대한 필요성을 증대시키고 있다. 해외 대도시권을 중심으로 지하공간을 도로와 철도 등 교통시설 공간으로 활용하고자하는 시도가 활발하게 진행되고 있으며, 국내의 경우 수도권을 중심으로 지하고속도로 및 지하도로에 대한 논의가 진행되고 있는 상황이다.

지하공간을 활용한 도로시설은 지상도로의 용량을 분담하고 기능적 보완역할을 할 수 있다. 포화상태에 있는 지상도로의 교통량 분담을 통해 지상간선도로의 교통량과 속도를 개선하는 효과가 있을 것이며, 도심의 지하공간으로 교통량이 분산되므로 도심교통량 저감효과도 기대할 수 있다. 또한, 교통정체 완화로 인한 교통혼잡비용 및 오염물질 배출량 감소로 인한 대기오염 비용 등의 사회적 비용 절감을 통해 도시경쟁력의 강화를 유도할 수 있을 것이다. 도로가 지하화 됨에 따라 확보된 지상공간을 건물 및 녹지 등의 공간으로 개발이 가능하게 되므로 토지 이용 및 시설개발이 용이해지는 효과도 얻을 수도 있을 것으로 판단된다.

전반적인 교통여건을 고려할 때 대도시권의 지하고속도로에 대한 건설가능성이 높아지고 있는 상황에서 지하고속도로 구축에 필요한 제반사항에 대한 구체적인 기술적 정책적 검토 및 연구가 요구되고 있는 상황이다. 특히, 지하고속도로의 교통계

획 및 교통운영방안, 지하도로의 설계나 시설, 설비 기준 등에 대한 기술적 연구들이 필요한 실정이다. 따라서 본 글에서는 지하도로의 국내외 추진사례를 살펴보고 지하고속도로의 교통계획과 운영에 관련된 주요 쟁점사항들을 제시하고자 한다.

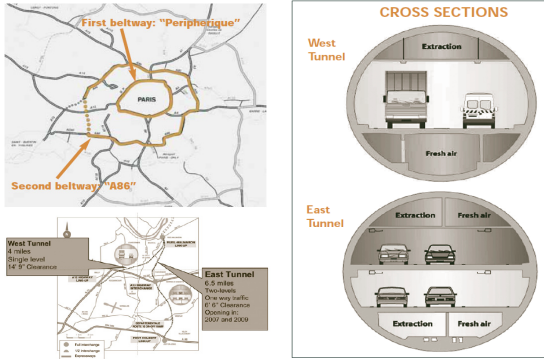
II. 지하도로 국내외 사례

교통수요의 증가에 대한 도로공급과 쾌적한 지상환경을 위해 전 세계적으로 지하도로를 건설하는 추세에 있으며, 국내에서도 이러한 구축기반이 조성되고 있는 실정이므로 지하도로에 대한 검토의 필요성은 크다고 할 수 있다. 또한, 기반굴착 및 터널 기술 등 토목 기술의 발전으로 지하공간 개발을 위한 충분한 기술력이 확보되어 있으므로 이를 활용한 지하고속도로의 도입을 긍정적으로 검토할 필요가 있다고 판단된다.

1. 국외 사례

국외의 지하도로 사례를 검토한 결과 지하도로의 건설 목적은 크게 네 가지, 즉 교통혼잡의 완화, 친환경 지상공간의 조성, 단절구간(missing link)의 연결, 기타 목적으로 구분할 수 있다.

먼저, 교통혼잡에 대한 완화사례로 스페인의 M30 도로와 말레이시아의 SMART 터널을 들 수 있는데, 국내에서 계획 중인 국토해양부의 수도권 지하고속도로와 서울시의 U-Smart Way 또한 교통혼잡 완화를 위한 목적을 가지고 있다. 다음으로 친환경 지상공간을 조성하기 위한 대표적인 해외 사례로 프랑스의 A86과 보스턴 Big Dig을 들 수 있다. 프랑스의 A86의 경우 지상에 있는 문화재를 훼손하지 않고 Belt way를 연결하기 위해 제안되었으며, 보스턴의 Big Dig은 지상고가도로로 인한 환경오염을 방지하기위한 도시재생 프로젝트로서 계획되었다. 지상공간을 친환경 공간으로 조성하기 위한 목적으로는 서울시의 U-Smart Way도 함께 가지고 있는 목표이다. 마지막으로 Missing



〈그림 1〉 프랑스 A-66 West Belt Way

Link의 연결을 위한 목적으로 지하도로를 건설한 해외사례가 다수 있는데, 일본 동경의 중앙환상선이 대표적인 예가 될 수 있을 것이다. 기타의 경우로 말레이시아의 SMART 터널은 지상도로의 혼잡완화와 Klang강 홍수방지를 위한 수로터널로서 건설된 것이다.

해외의 여러 지하고속도로들은 여러 가지 이유로 건설되었으나, 건설 이후의 효과는 지상 교통 혼잡의 완화와 지상의 친환경 공간 조성으로 모아진다. 몇가지 주요 해외사례들의 주요내용을 기술하면 다음과 같다.

프랑스 파리의 A66 West Beltway는 파리의 2차 외곽순환도로의 서부 missing link를 연결하기 위해 건설되었다. 시공중 주변환경과 거주지역에의 피해최소화, 파리 주변 그린벨트의 보존, 문화재 피해의 방지, 지상교통정체의 완화, 온실가스 배출감소 등의 목적으로 지하구간으로 제안되고 설계되었다. 1988년에 최초 제안되어 1997년 착공되었으나 몽블랑 터널의 화재 이후 안전문제가 제기되어 2000년에 재착공되어 2007년 10월 1단계 구간이 개통되었고, 2011년 1월에 2단계 구간이 개통되었다.

노선은 연장 10km의 동터널과 7.5km의 서터널로 총 17.5km의 지하구간을 포함하는 노선으로 계획되었다. 단면은 동터널은 소형차전용 복층터널로 직경 10.4m, 차도높이 2.55m, 각층 3차로씩 총 6차로로 설계되었으며, 서터널은 일반터



〈그림 2〉 일본 중앙환상선

널로 차도높이 4.55m의 2차로 터널로 모든 차량이 통행가능하게 설계되었다.

일본의 동경 중앙환상선은 동경의 3개 환상순환고속도로와 9개 방사형 고속도로 중 가장 내부에 있는 환상선으로 총47km 중 신주쿠선 11km, 시나가와선 9.7km구간을 지하도로로 계획되었다. 신주쿠선의 4,5호 구간은 2007년 12월 개통되었고, 2009년에 3호 시부야선이 개통되었다. 2013년에 시나가와선이 개통되면 완전한 환상형태를 이루게 된다.

스페인 마드리드 M30 프로젝트는 스페인 수도 마드리드의 M10부터 M50까지의 5개 환상도로 중 1974년 완공되어 노후화되고 교통체증 및 사고위험이 심각한 M30도로에 대해 오염된 주변환경을 복원하고 M30의 교통량을 증대시키기 위한 것이다. 도로상부공간을 리모델링하고 도시하부로 대부분의 도로구간을 변경, 기존 지상공간을 녹색공원, 보도, 자전거도로, 주거단지 등으로 재개발하였다. 총 연장 99.454km중 터널이 55.737km로 세계최대 도심지 터널 프로젝트로 기록되었다. 2004년 9월 착공 후 2006년 말 일부 개통되었고, 남부구간 우회 지하도로가 2007년 5월 개통되었다. M30의 단면은 소형차와 대형트럭의 통행이 가능한 차로높이 3.5m의 3차로 도로로 하부에 2차로의 비상차로를 설치하였으며, 터널 내경은

13.45m이다.

말레이시아의 SMART(Stormwater Management And Road Tunnel)은 말레이시아 쿠알라룸푸르 Klang강의 범람에 의한 홍수피해를 방지하고 늘어난 교통량에 대응하기 위해 계획된 터널로 홍수조절기능을 수반한 다목적 도로터널이며, 총연장 12.7km 중 홍수 조절지가 9.7km, 나머지 3.0km구간이 도로터널로 설계되었다. SMATR 터널은 편도 2차로의 복층 도로터널과 최하부 홍수 조절터널의 3개 복층터널구간으로 구성되어 있으며, 터널 직경이 13.2m로 소형차 전용이다.

미국 보스턴시의 Big Dig (The Central Artery/Tunnel Project)은 '교통체증 없고 녹지 가득한' 도시로의 변신을 위해 도심을 관통하는 고속도로의 차로를 확장 및 지하화하여 공원과 녹지를 마련하는 것을 목적으로 한 도시재개발 사업이다. 1952년에 건설이 시작된 기존의 간선고가도로를 철거하고 지하도로를 건설하는 계획으로서 1991년 9월에 착공하여 2006년 1월에 I-93도로의 20B exit Ramp를 끝으로 완공하여 당초 계획보다 2년 늦게 완공되었다.

2. 국내 추진현황

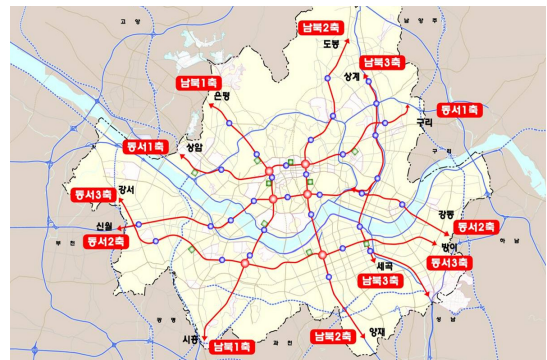
현재 계획 중이거나 추진 중인 서울시의 U-Smartway 지하도로 계획과 경기도의 수도권 광역급행철도(GTX), 수도권 고속철도, 국토부 지하고속도로 추진구상 등은 지하공간을 개발한다는 측면에서 그 맥락을 같이한다. 이는 포화된 지상공간의 교통량 감축과 이를 대체할 수단으로서의 지하공간 개발을 목적으로 하며, 저탄소 녹색성장을 위한 친환경적인 지상공간의 확보 및 녹색 교통수단의 도입 및 확충이라는 목적도 가지고 있다.

국토해양부는 수도권지역 고속도로의 급증하는 교통수요에 적극적으로 대처하고, 기존 도로망에 대한 도로용량을 증대시켜 교통혼잡을 해소하기 위해 경부선 오산-양재, 경인선 도화-신월, 서해안선 비봉-금천, 영동선 마성-서창, 서울외곽 계양-장



〈그림 3〉 수도권 지하고속도로 구상

자료: 수도권 지하고속도로 구상방안 수립 연구(한국교통연구원, 2009. 12)



〈그림 4〉 서울시 U-Smart Way 계획

자료: 지상도로 교통량 저감을 위한 기본계획 종합보고서(서울특별시, 2010. 4)

수 등 수도권 5개 고속도로의 지하구간에 대한 도로건설을 구상한 바 있다. 수도권 지하고속도로의 후보노선의 총연장은 142.9km이며, LOS D 이하의 극심한 정체체를 보이는 구간으로 선정되었다.

서울시는 포화된 도심 도로의 교통량 감축, 인간중심의 친환경 도로망 구축, 서울전역 30분 이내 이동가능한 도로망 구축을 목표로 U-Smart Way 계획을 추진하고 있다. 이 계획은 동서 3축, 남북 3축의 격자형 및 도심순환 지하도로망을 소형차 전용 복층터널(일부구간 단층터널)로 추진 중이다.

이외에도 경기도는 수도권의 급속한 성장 및 신

도시 개발 등으로 인한 생활권 확대에 따른 수도권 장거리 통행수요에 대응하기위해 수도권 광역급행철도(GTX)를 추진하고 있다. GTX는 3개 노선 총 145.5km의 지하 40m 대심도 철도로 계획되어 있다.

Ⅲ. 지하공간을 활용한 도로의 발전단계

지하공간을 활용한 도로시설의 발전단계는 크게 4단계로 구분할 수 있다. 1단계는 시종점에서만 진출입이 가능하고 지하공간내 진출입시설은 없는 터널이다. 터널은 통행거리 단축을 목적으로 산, 강 등 장애물을 피하고 통행기능과 이동성만을 강조하는 시설물로서 주로 산악지역을 관통하는 도로의 일부 구성요소이다. 이에 반해 2단계인 지하도로는 시종점부 외에서 진출입이 가능하며 지상도로 지정체 감소와 지상공간의 확보를 목적으로 하여 주로 도심지에 위치하는 도로시설이다. 1단계의 터널과 2단계의 지하도로의 기능과 특징을 비교하면 <표 1>과 같다.

2단계인 지하도로는 지상의 간선축도로와 유사한 기능의 도로를 목표로 하며, 지하간선망이므로 중장거리 이상의 연장이 필요하기 때문에 약 지하 40m 이하의 대심도에 건설하여야 하며, 대심도에 위치하므로 이동성과 안전성이 중요하다. 이동성 확보를 위한 교통관리기술로 설계차종 제한, 차량 진출입관리, 본선속도관리, 인접교차로 운영기술 등이 필요하며, 안전성 확보를 위한 교통안전기술

로 위험차량 진입관리, 돌발상황관리 등이 필요하다. 또한 지하 진출입을 위한 시설의 계획운영과 경로선택을 위한 표지, 교통정보 제공기술 등이 필요하다. 국외사례로는 프랑스 파리 A86, 스페인 마드리드 M30 등이 있으며, 국내에서도 서부간선도로, 제물포길 등이 추진 중이다. 현재 우리나라에서 추진 중이거나 계획 중인 지하고속도로는 대부분 2단계에 속한다고 할 수 있다.

3단계인 “지하 간선교통망”은 도로뿐만 아니라 철도 등을 포함하는 지하 간선교통망의 구축을 목표로 하는 것으로 교통수단간 연계환승, 복합교통수단을 고려한 입체 복합교통망 계획기술 등이 필요하다. 교통수단간 연계환승을 위해 환승 동선계획, 환승정보제공, 환승연계주차 설계 등의 기술이 요구된다. 해외사례로는 프랑스 파리의 라데팡스를 들 수 있다.

4단계는 “지하 도시교통망”으로 아직까지는 국내외사례를 찾아 볼 수 없는 미래형 도시개념으로 지하공간에 교통체계를 벗어나 도시체계를 개편하는 것이다. 지상 및 지하를 통합한 생활공간의 구축을 지원하기 위한 교통망으로, 여기서 도로망은 간선보다 상세한 지선 개념으로 천심도에 중단거리 규모의 연장으로 건설되어야 하므로 접근성이 중요해진다. 지하 도시교통네트워크 건설을 위해서는 지상 및 지하공간 통합개발기술, 지상 및 지하공간 통합교통망 구축 기술(생활공간 연계주차 계획기술, 신호운영, 인접건물 접근 제공기술 등)이 필요하다.

<표 1> 지하도로와 터널의 기능 차이

분야	터널	지하도로
기능	<ul style="list-style-type: none"> - 산, 강 등 장애물을 피하는 통행기능 - 이동성만 제공 - 통행거리 단축 	<ul style="list-style-type: none"> - 지상도로 대체 또는 보완 - 지상도로 지정체 저감이 주목적 - 지상공간 확보 및 활용 - 접근성과 이동성 모두 필요
특징	<ul style="list-style-type: none"> - 주로 산악지에 위치 - 중단선형과 직접적 관련 - 자동차전용도로 	<ul style="list-style-type: none"> - 주로 도시부에 위치 - 장대화, 심층화 - 친환경 도로 건설 가능 - 건설비 증가, 토지보상비 감소 - 소형차 또는 승용차전용도로

〈표 2〉 지하공간을 활용한 도로망 구축의 추진단계

구분	1단계	2단계	3단계	4단계
유형	터널, 지하차도	지하 도로	지하 간선교통망	지하 도시교통망
목적 기능	-지상도로의 일부 지상장애물(교차로, 산악 등) 통과 목적	-지상의 간선축도로와 유사한 기능의 지하도로	-도로와 철도 등 포함하는 지하교통간선망	-지하공간에 간선뿐만 아니라 지선 개념 교통네트워크
특징	-시중점에서만 유출입 가능 -지하공간내 유출입 없음	-지하공간에서 분기, 유출입(나들목, 분기점) 필요 -대심도, 중장거리 연장 -이동성, 안전성 중요	-도로, 철도 복합교통망 -교통수단간 연계환승 필요	-지상 및 지하 통합생활공간 구축위한 교통망 -중단거리 연장, 천심도 -접근성 중요
교통 부문 필요 기술	-	-지하 유출입시설 계획, 운영 -이동성 확보위한 교통관리 -안전성 확보위한 교통안전	-대심도 입체 복합교통망계획 -교통수단간 연계환승	-지상 및 지하공간 통합망 구축기술 -지하도로 교차로 계획 기술
국내 외 사례	-도로 터널 다수 운영중	-국내 : 서부간선도로, 제물포길(설계중) 등 -국외 : 프랑스 파리 A86, 스페인 마드리드 M30 등	-프랑스 라테팡스	-사례 없음

Ⅳ. 지하고속도로 구축을 위한 교통부문 주요쟁점

1. 교통계획분야

교통계획 분야는 노선계획과 교통수요예측 과정, 그리고 노선의 타당성 검토를 위한 경제성분석을 다루는 분야이다. 지하고속도로가 도입되는 경우 우선 기존 4단계 교통수요예측 기법의 적용이 적절한지에 대한 검토가 필요하다.

우선 지하공간에서의 통행행태에 대한 탄력성 등이 지상도로와 얼마나 달라지는지를 검토하여야 하며, 허용차종이 전차종이 아니라 소형차 등 일부 차종일 경우 이를 고려한 차종분류와 OD도 필요하다. 또한 기존의 자유교통류 속도, 용량 등이 지하공간에 적합한지에 대한 검토가 필요하며, 시공의 제약을 고려하여 차로수의 제한도 고려되어야 한다. 이동성을 증시한 교통시설물이기 때문에 지상의 노선과 평행한 노선에 설치될 경우 요금 차등화, 특히 기존의 시간별 차등화 외에 지상과 지하도로에 대해 공간별로 차등화된 요금체계 검토가 필요할 것이다. 앞에서 언급한 속도, 용량, 차로수, 요금 가중치의 수정을 고려한 교통량 지체함수의 수정 등 교통수요 분석에 대한 수정검토도 쟁점사항

이다. 대규모 지하구조물이기 때문에 경제성분석에서는 소음차단 효과, 대기오염 배출 감소 등 환경편익의 변화가 주요쟁점사항이 될 것이다.

2. 교통운영관리 분야

기존 고속도로 교통운영 관리전략은 일차적으로 교통용량 이하의 적정 서비스수준 유지를 위해 교통류 관리와 용량 초과시 교통수요 조절을 통한 빠른 시간 내의 교통지정체 해소를 목표로 한다. 이러한 교통운영 관리전략은 지하고속도로가 도입되었을 경우에도 동일할 것이나 기술적으로는 교통용량 이하 유지를 위한 교통류 관리가 매우 중요하게 되므로, 지하고속도로의 교통류 특성 파악과 교통용량 결정은 매우 중요한 사항이다. 이를 위해 지하공간에 대한 교통류 특성과 운전자 행태에 대한 연구가 우선되어야 한다.

교통류의 경우 지하도로에서는 소형차 등으로만 이용차량을 제한할 가능성이 높으므로 차량중모형 등에서 동질교통류에 대한 분석방법이 필요하다. 또한 동일차종으로 인한 용량 증대효과가 크지 지하공간에서의 이동제약으로 인한 용량 감소효과가 크지에 대한 용량측면의 검토도 쟁점사항이다. 지하공간이므로 과적, 위험물, 배출가스 등 위반차

〈표 3〉 교통계획분야 주요 쟁점사항

구분	현재 지상고속도로	쟁점사항
통행자 행태	지상부 도로 탄력성	- 지하공간에서의 통행거리, 요금 등 탄력성
수요예측방법론	4단계 수요예측	- 동일 방법론 적용 여부
차종분류	5종 (승용차, 택시, 버스, 지하철, 기타)	- 소형차 or 승용차 별도 분리 필요
O/D	5개 차종별 O/D	- 차종 및 시간대별 O/D 필요 - 동적수요관리 위한 시간대별 OD 산정기술
자유교통류속도	고속도로 90kph 도시고속도로 80kph	- 기존 자유속도 적용여부
용량	고속도로 1,100pcphpl 도시고속도로 1,000pcph	- 지하도로내 용량감소 or 증가
교통량지체함수	수도권 VDF	- 기존 VDF의 α , β 파라메타 동일 적용여부
요금	통행요금 가중치	- 동일 가중치 적용 여부 - 시간대, 공간대별 요금차등화
교통망 설계	단일수단 교통망 설계	- 입체적 다수단 교통망 설계기술
목표년도	개통후 30년	- 목표연도의 증가 여부
경제성분석	통행시간, 차량운행비 절감편익 위주	- 환경편익 중요성 증가

〈표 4〉 교통운영분야 주요 쟁점사항

구분	현재 지상고속도로	쟁점사항
운전자 특성	지상공간에서의 운전자특성 고려	- 지하공간에서의 인지반응, 시거변화 등 운전자 특성
교통류 특성	연속류 특성 교통량, 속도, 밀도 교통변수 관계	- 동질교통류 분석방법 - 차량추종 모형 적용시 운전자 특성 고려 - 승용차환산계수(PCE) 불필요
교통용량	2,000 pcphpl(80kph) 2,200 pcphpl(100kph)	- 동일차종과 성능으로 인한 용량 증대효과 - 지하도로 특성으로 인한 용량 감소효과
교통규제	위반차량 차로위반	- 속도, 과적, 위험물, 배출가스 등 - 최고/최저 속도규제 변경, 차로변경금지 변경
차로운영, 속도관리	LCS, VES 버스전용차로제	- 동일차량, 균일속도 유지 - 차량간 속도편차 최소화 목표
미터링	진입부 미터링	- 진출입부 미터링
요금징수	TCS, HiPass	- 진출입부 요금징수 - 본선 요금징수
교통정보 수집, 제공	VDS, AVC, CCTV VMS	- 비접촉 교통정보 수집장치 활용 - 폐쇄공간 내 교통정보 제공 매우 중요
돌발상황 관리	돌발상황 감지 돌발사고 처리	- 교통사고 등 돌발상황 관리 중요성 증대 - 교통사고 처리

량에 대한 진입규제와 함께, 본선에서의 최고/최저 속도규제와 터널구간 내에서의 차로변경 금지에 대한 변경이 필요하다. 차로운영, 속도관리에서도 균일한 속도유지를 위해 차량간 속도편차 최소화가 주요 교통관리목표가 될 것이다. 미터링에서 있어서는 기존의 진입부 미터링 외에 지하도로 진출입부 인근 교차로 등을 고려한 진출입부 미터링

이 필요하다. 요금징수나 교통정보 제공, 돌발상황 관리에서도 지하공간의 특성과 제약을 고려한 새로운 방법들이 요구된다.

3. 도로설계분야

일반적으로 지하도로의 경우 설계기준자동차에

〈표 5〉 도로설계 분야 주요 쟁점사항

구분	현재 지상고속도로	쟁점사항
도로구분	자동차전용도로	- 소형차 전용도로 지정 여부
설계기준자동차	소형, 대형, 세미트레일러	- 소형자동차 or 승용자동차 - 세미트레일러
설계속도	100km/hr~120km/hr	- 이동성 및 교통수요 고려 : 100km/hr~120km/hr - 지하공간 특성 및 안전 고려 : 80km/hr 내외
지상도로 연결	-	- 지상도로와 연결 위치 - 연결로의 적정 종단경사 산정 - 우함류, 우분류 처리
심도	-	- 주변여건 및 지장물을 고려 - 효율적인 건설을 위한 적정심도 검토
건설비용	약 400~500억원/km 수준	- 국토부(KOTI) 700억원/km, - 서울시 750억원/km, 일본 야마테터널 9,000억원/km
교차시설 간격	최소 2km 이상	- 경제성 및 방재측면을 고려한 최소 설치간격 결정

〈표 6〉 법제도분야 주요 쟁점사항

구분	현행법령	쟁점사항
지하공간개발	-	- 대심도 지하사용 관련 법 등 제정 필요
도로건설 및 허용차량	도로법 제11조	- 특별시도·광역시도 구분시 지하도로 포함여부
	도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 (국토해양부)	- 지하도로 최소차로폭 - 지하도로 특성을 고려한 평면 및 종단선형 기준
	자동차전용도로 지정에 관한 지침 (국토해양부)	- 자동차 전용도로에 지하고속도로 포함 여부
	환경친화적인 도로건설 지침 및 편람 (건설교통부, 환경부)	- 지하도로에 적용가능한 도로설계 기법
	도로용량편람(국토해양부)	- 지하도로의 용량산정 방법 검토
	도로설계편람(국토해양부)	- 지하도로의 도로계획, 교량, 터널, 포장, 안전시설 등의 설계 등
차로변경	도로교통법 제22조 제3항	- 지하도로 내 차로변경금지관련 내용 변경
	교통노면표시 설치관리매뉴얼(경찰청)	- 지하도로 내 진로변경금지관련 내용 변경
설계속도	도로교통법 제17조	- 지하도로의 설계속도 검토 필요
안전 시설	도로안전시설 설치 및 관리지침 (국토해양부)	- 지하도로에 적용이 가능한 안전시설의 검토
	도로표지규칙(국토해양부령)	- 지하도로에 적용이 가능한 도로표지의 검토
	교통안전표지 설치관리매뉴얼 (경찰청)	- 지하도로 교통안전표지 설치기준 및 설계, 시공

따라 내공단면 크기가 변하고 이는 지상도로에 비해 상당히 민감하게 공사비와 직결되므로 기존 지상고속도로와의 관계를 명확히 구분하고 이에 따라 도로의 목적 및 기능에 부합되고 경제적인 지하고속도로가 될 수 있는 설계기준자동차를 선정해야한다. 소형차전용 지하고속도로의 경우 대형차에 비해 매연 발생량이 적어 환기에 유리하고 동일차종으로 교통류간 속도차이가 줄일 수 있어 교통

사고발생의 위험성을 감소시킨다. 또한, 원활한 교통흐름으로 설계속도 향상을 도모 할 수 있어 상당히 유리하다. 그 외에도 터널 면적의 최소화로 장래 유지관리비를 절감할 수 있으며, 교통사고 대형화 및 2차 피해를 방지할 수 있다.

지하고속도로는 원활하고 빠른 이동성을 주목적으로 하는 최상위도로임을 감안할 때, 지하고속도로의 기능 및 목적에 합당한 설계속도를 선정해야

하며 최고의 안전성을 확보할 수 있도록 해야 한다. 현재 국내 고속도로의 여건을 고려해 볼 때 지상고속도로의 지하에 노선을 설정하고 소형차 위주로 건설할 경우에는 이동성에 중점을 두어야 하며, 이용차종을 전차종으로 할 경우에는 안전성을 고려하여 설계수준을 설정하여야 할 것이다.

지하고속도로의 폐쇄적 공간특성, 교통약자의 안전한 주행, 심리적 압박감, 교통안전성 등을 고려하여 효율적이고 원활한 지하 입출구부 및 분기점 설계, 교통안전시설과 방재시설의 설치기준, 지하고속도로 내 조도, 표지판 설치를 고려한 단면구성 및 분기구간 안정성 확보방안 등에 관련된 연구도 필요하다.

4. 법제도 분야

현재 국내에는 지하공간(도로)과 관련된 법규나 규정은 없거나 미비한 실정이다. 우선 지하공간 개발에 대한 구체적인 관련 법규정이 부재하여 대심도 지하사용법 등의 제정이 필요하다. 도로 건설과 허용차량에 있어서도 도로법, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 및 관련 편람의 개정이 필요하다. 교통관리나 안전측면에서도 앞에서 언급되었던 차로변경, 설계속도, 안전시설 등의 변경을 위한 관련 법제도, 기준의 제정 또는 변경이 필요하다.

V. 결론

대도시권의 교통혼잡 상황, 장래 교통수요의 증가 등 교통여건을 고려할 때 대도시권의 지하고속도로가 주요한 교통시설대안으로 건설가능성이 높아지고 있는 상황에서 지하고속도로 구축에 필요한 제반사항에 대한 구체적인 기술적 정책적 검토 및 연구가 요구되고 있는 상황이다.

이 글에서는 지하공간을 활용한 교통시설의 발전과정을 전망해보고 국내외 사례 고찰을 통해 지하고속도로의 교통계획 및 교통운영방안, 지하도로의 설계 및 법제도와 관련하여 필요한 기술적 정책적 주요쟁점사항 등에 대해 살펴보았다. 지하고

속도로의 건설을 위해서는 교통부문에서의 운전자 행태와 운전자 특성이 어떻게 변하는지, 이를 교통운영과 설계부문에 어떻게 반영할 것인가를 가장 중요한 쟁점사항으로 검토되어야 한다. 향후 대도시권에서의 교통시설 대안으로서 지하고속도로를 고려할 때, 이러한 쟁점사항들에 대해 지상의 도로와의 기능분담 및 교통관리측면에서의 관련성 고려를 통한 더욱 상세하고 적극적인 교통부문의 역할이 요구될 것이다.

참고문헌

1. FHWA(2006), Underground Transportation Systems in Europe.
2. 말레이시아 SMART, <http://www.smarttunnel.com.my>.
3. 보스턴 교통국, <http://www.massdot.state.ma.us>.
4. 서울특별시(2006), 지하공간 종합기본계획 수립 보고서.
5. 서울특별시(2010. 4), 지상도로 교통량 저감을 위한 기본계획 종합보고서.
6. 스웨덴 도로국, <http://www.vv.se>.
7. 스페인 M30, <http://www.mc30.es>.
8. 스페인 마드리드 순환도로 M-30 개보·수 프로그램, 도로교통, 2010 가을호.
9. 위키피디아, <http://www.wikipedia.org>.
10. 일본 수도고속도로, <http://www.shutoko.jp>
11. 프랑스 교통국 홈페이지, <http://www.ratp.fr>.
12. 한국교통연구원(2009. 12), 수도권 지하고속도로 구상방안 수립 연구.
13. 한국도로공사(2009), 지하고속도로, 고속도로지
14. 한국도로공사(2011), 지하고속도로 계획 및 운영방안 수립연구.
15. 한국도로공사(2011), 세계의 지하도로-해외사례를 통해본 교통부문 시사점-