

지하고속도로 노선 및 진출입지점 선정 고려사항

Considerations for Selecting Route and Interchange on Underground Expressway



최윤희



한동희



이청원

1. 서론

급속한 도시화로 인한 인구집중과 이로써 파급되는 대도시권의 공간부족, 첨두/비첨두가 따로 없는 극심한 교통혼잡 등이 사회문제로 대두되고 온실가스 저감에 대한 사회적 관심과 친환경 도시 환경에 대한 개선요구가 증가하면서 지하공간의 효율적인 활용에 대한 관심이 높아지고 있다.

지하고속도로는 고속 이동시설인 고속도로가 지상공간이 아닌 지하공간으로 통과함으로써 장거리 교통의 불필요한 도심 통과를 방지하여 지상부의 도심 교통량을 완화하는 한편, 지하부에서는 고속의 도심 통과기능을 수행할 수 있다. 지하고속도로는 지하철 등 특별한 지장물이 없는 한 최단거리로 설계가 가능하므로 불필요한 우회를 방지하여 도시 내부에서도 이동기능의 확보가 가능하다. 또한,

고속도로의 주요 기능과 마찬가지로 접근성보다 이동성이 강조될 수 있으나, 기존 고속도로와 달리 도심지역으로의 통과가 용이하므로 설계에 따라 도심 접근성이 기존 고속도로보다 강화될 가능성이 있다. 기존 건축물 내의 주차장과의 연계 또는 복합환승센터와 같은 대규모 개발사업과 연계를 통해 도심에 대한 접근성 확보가 가능하다.

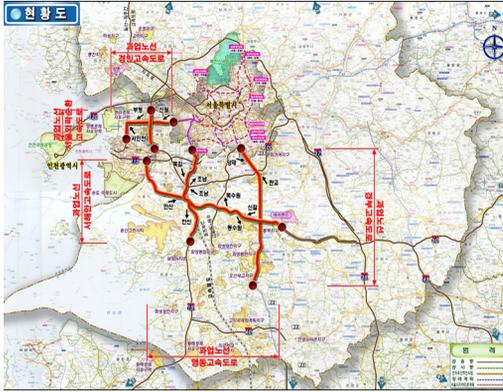
이렇듯 지하고속도로가 갖는 장점과 더불어 최근 지반 및 터널기술의 비약적 발전이 이루어지면서 지하고속도로에 대한 본격적인 구상이 계획되고 있다. 국토해양부¹⁾는 수도권 지역 고속도로의 급증하는 교통수요에 적극적으로 대처하고, 기존 도로망에 대한 도로용량을 증대시켜 교통혼잡을 해소하기 위하여 경부선 오산-양재, 경인선 도화-신월, 서해안선 비봉-금천, 영동선 마성-서창, 서울외곽순환선 계양-장수 등 수도권 5개 고속도로

1) 수도권 지하고속도로 구상방안 수립 연구(국토해양부, 2009)

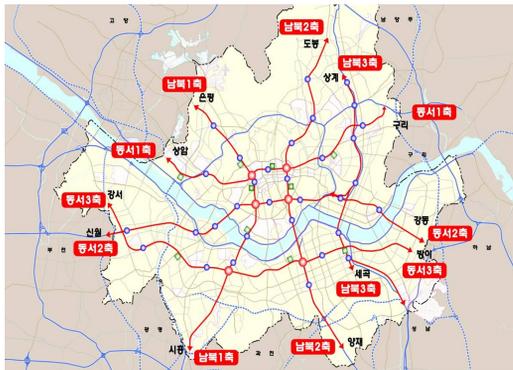
최윤희 : 한국도로공사 도로교통연구원, yhchoi76@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3429, 직장팩스:031-371-3319

한동희 : 한국도로공사 도로교통연구원, airchild@ex.co.kr, 직장전화:031-371-3485, 직장팩스:031-371-3319

이청원 : 서울시립대학교 교통공학과, chungwon@uos.ac.kr, 직장전화:02-2110-5669, 직장팩스:02-2210-2653



〈그림 1〉 수도권 지하고속도로 구상 계획



〈그림 2〉 서울시 U-Smart Way 계획

의 지하고속도로를 구상하였다. 수도권 지하고속도로 후보노선의 총연장은 142.9km이며, LOS D 이하의 극심한 정체를 보이는 구간으로 선정되었다.

서울특별시²⁾는 포화된 도심 지상구간의 교통량 감축, 인간중심의 친환경 도로망 구축, 서울전역 30분 이내 이동가능한 도로망 구축을 목표로 U-Smart Way 계획을 추진하고 있다. 이 계획은 총 148.7km, 112,607억원의 동서 3축, 남북 3축의 격자형 및 도심순환 지하도로망을 구축하는 것으로 수립되어 있다.

이렇듯 지하고속도로 계획이 본격화되면서 이를 지원하기 위한 교통계획, 설계, 건설/시공, 운영 및 유지관리 등 지하고속도로와 관련된 다양한 분야

에 대한 연구가 수행되고 있다. 이 중에서 본 연구는 지하고속도로의 교통계획분야 주요 이슈 중에서 노선 선정과 진출입부에 대해서 논하고자 한다.

II. 지하고속도로 교통계획분야 이슈

지하고속도로는 지상부와는 다른 교통환경에서 지상도로의 기능적 대체 혹은 보완 역할을 수행하기 때문에 노선계획과 교통수요예측 과정, 경제성 분석 등 교통계획분야와 관련된 이슈는 상당히 많다. 특히 교통계획분야에서는 노선에 대한 타당성 분석을 포함하고 있기 때문에 지하고속도로가 도입되는 경우 기존 교통수요분석 과정에 대한 면밀한 검토가 필요하다. 지하고속도로와 관련된 교통계획분야의 주요 이슈 및 쟁점사항은 정리하면 다음과 같다.

- 교통수요분석의 이슈 및 쟁점사항
 - 지하공간에 대한 운전자의 통행저항
 - 지하부 통행거리, 통행요금에 대한 수요탄력성
 - 지하교통시설 허용차종에 맞는 특정 OD 추정
 - 동적수요관리를 위한 시간대별 진출입부별 OD 추정
 - 지하고속도로 교통특성 조사(용량, 주행속도, 차두간격 등) 와 이를 고려한 VDF 개발
 - 지하고속도로 자유 교통류 통행속도
 - 지하고속도로 목표속도 결정 및 적용
 - 진출입미터링, 목표속도 등 지하 본선 교통류 관리기술의 계획모형 반영
 - 지하 진출입부의 위치, 접속방법, 연결로 구배 등 계획모형 반영
 - 지하고속도로 노선 선정
 - 지하고속도로 진출입지점 선정
 - 지하고속도로 교통환경에 따른 교통수요 시나리오 분석

지하고속도로 관련 주요 쟁점은 경제성, 안전

2) 지상도로 교통량 저감을 위한 기본계획 종합보고서(서울특별시, 2010)

성, 환경성, 주변 도로에 미치는 긍정적 효과 등이 다. km당 건설비용이 비싼 지하고속도로가 과연 경제적인 것인지, 안전하게 운영 가능할 것인지 등의 부정적 요소와 소음, 먼지, 대기오염 등 환경오염이 적고, 도시기능을 제고할 수 있으며, 지상부 공간활용이 가능하고, 주변 도로의 정체를 해소할 수 있다는 긍정적 요소들을 가지고 있다. 지하고속도로 교통계획분야의 쟁점사항은 전술한 지하고속도로 장단점에 기반하여 도입 타당성을 따져보는 것이다. 그리고 지하고속도로 도입 타당성 분석은 '지하고속도로에 대한 운전자의 통행행태가 지상과 같을 것이냐' 라는 질문에서 시작된다.

지하고속도로의 통행행태는 경로선택에 관한 행태와 주행과 관한 행태로 구분가능하다. 먼저 경로선택 행태는 지하공간에 대한 운전자의 통행저항은 없는지 또한 그것이 통행거리, 통행요금, 나이, 차종 등과 어떤 관계가 있는지에 대한 조사가 필요하며, 주행행태는 실제 운전자의 주행측면에서 지상과 지하가 어떻게 다르냐는 것이 통행속도, 차두간격, 차로변경 등 세부 항목별로 조사되어야 한다. 이렇듯 운전자의 다양한 통행행태들이 조사되었을 때 이를 어떻게 현재 계획모형에 반영할 것이냐가 핵심적인 문제이다. 그리고 이의 반영 이후에도 교통수요분석 및 경제성 분석의 방법론에서 지상부와 동일한 방법론이 적용 가능할 것인가가 마지막 관건이다.

이렇듯 지하고속도로 도입과 관련한 교통계획분야 이슈가 많고 장기간의 조사가 필요하여 단기간에 해결되기 어려운 점이 있으나, 이를 해결하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 본 연구에서는 이 중에서도 지하고속도로 노선 및 진출입지점 선정과 관련된 고려사항에 대해서 논하고자 한다. 주지하듯이, 지하고속도로의 성공은 접속부를 포함한 주요 진출입부의 위치 및 처리에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 왜냐하면, 교통계획측면에서 지하고속도로의 노선과 진출입부의 위치, 개소에 따라 지하고속도로의 경제성이 달라질 수 있기 때문이다.

III. 지하고속도로 노선 선정 고려사항

1. 지하고속도로 노선 선정

1) 일반적인 노선 선정 원칙

일반적으로 노선 선정의 요인은 크게 4가지로 구분되는데, 이는 도로 개통이 지역사회에 미치는 효과를 검토하는 사회적 측면, 교통운영 기술과 도로환경과의 조화 및 도로의 선형 구조적 측면을 검토하는 기술적 측면, 건설비, 유지관리비 등의 투자에 따른 경제적 편익을 고려하는 경제적 측면, 도로건설에 의한 환경피해를 사전에 대처함은 물론 도로와 자연환경과의 조화를 고려하는 환경적 측면이다.

일반적인 노선 선정기준은 상위 개발 및 교통시설 계획, 지역개발계획, 도시계획 등 관련 계획과 도시, 집단거주지, 항만, 공항, 산업단지, 관광지 등 주변 토지이용에 따라 도로 개통이 지역사회에 미치는 효과를 검토하는 것이다. 이는 선형, 도로주행 쾌적성, 입체교차, 교통서비스 등에 의거하여 도로의 선형과 구조적 측면에서 문제점과 교통운영기술의 적용가능성, 도로환경과의 조화, 시공 가능성, 안전성, 유지관리 용이성 등에 대한 기술적인 검토를 포함한다. 그리고 대안노선과 2~3개 비교노선을 포함하여 건설비, 유지관리비 등의 투자에 따른 경제적 편익을 검토한 후, 최종 노선을 선택하게 된다.

최근에는 지상부 공간에 대한 친환경 요구가 증가함에 따라 노선 선정 시, 지역주민의 의견수렴과 민원해소 가능성이 노선 선정의 주요한 요소가 되고 있다. 또한 자연환경 및 생활환경 보호, 농경지 잠식 및 자투리 농지 최소화, 보존가치가 있는 지형 및 지질유산, 해당지역의 경관 등 환경적 요소가 노선 선정의 핵심 기준으로 고려되고 있다.

2) 해외 지하고속도로의 노선 선정사례 검토

현재 여러 국가에서 지하고속도로를 건설하여

〈표 1〉 해외 지하고속도로의 노선 선정사례

구분	프랑스 A86 West Beltway 터널	일본 동경 중앙환상선	스페인 마드리드 M30
노선 선정 목적	• 파리 2차 외곽순환도로의 서부 미연결 도로의 연결을 위해 구상	• 동경주변 도심지 교통량 집중으로 인한 환상도로의 극심한 정체 완화를 위해 구상	• 스페인 M30도로의 교통체증 완화와 교통사고 감소를 목적으로 구상
지하화 목적	• 시공 중 주변 환경 및 거주지역 피해 최소화 • 파리주변 그린벨트 보호 • 문화재 피해 방지 • 지상교통정체 완화 • 온실가스 배출감소	• 도심지 주행시간 단축 • 교통사고 감소 • 주변 환경 보호	• M30 도로 주변의 심각한 환경오염 완화와 만자라네스 강 환경 복원
구분	말레이시아 SMART 터널	미국 보스턴 Big Dig	미국 시애틀 Alaskan Way
노선 선정 목적	• 말레이시아 쿠알라룸푸르 Klang 강의 범람에 의한 홍수피해 방지 및 급격히 늘어난 교통량 충격을 위해 계획	• ‘교통체증 없고 녹지 가득한’ 도시로의 변신을 위한 도시재개발 사업으로 구상	• 대규모 지진으로 인해 손상된 Alaskan Way 고가도로의 복구를 위해 계획
지하화 목적	• 홍수조절 기능을 포함하기 위해 터널로 계획 • 교통량 확보를 위한 복층구조 설계	• 지상공간의 공원/녹지 확보 • 기존 간선 고가도로의 철거 후 고가도로를 대체할 만큼의 교통용량 확보	• 현대식 고가도로, 복층 개착터널, 대심도 지중 굴착터널의 대안 중 기술적, 사회적 경제적 검토를 통해 대심도 지중 굴착터널로 계획

운영하고 있거나, 건설 중에 있다. 프랑스 A86 West Beltway 터널, 일본 동경 중앙환상선, 스페인 마드리드 M30 프로젝트, 말레이시아 SMART 터널, 미국 보스턴 Big Dig 등이 대표적인 예이다. 프랑스 A86 West Beltway 터널은 파리 2차 외곽순환도로의 서부 미연결 도로의 연결목적으로 구상되었고, 일본 동경 중앙환상선은 동경주변 도심지 교통량 집중으로 인한 환상도로의 극심한 정체 완화를 위해 구상되었다.

해외 사례 검토결과, 지하고속도로 노선 선정의 핵심요인은 ① 지상도로의 부족한 교통용량 확보 ② 주변 환경 보호 및 녹지공간 확보 등 2가지로 대별되는 것으로 나타났다. 따라서, 지하고속도로 노선 선정 시 그 지역의 지상 교통량 현황에 따른 지하고속도로 건설의 필요성과 지하화에 따른 환경비용 절감의 가능성이 가장 먼저 검토되어야 할 것으로 판단된다.

3) 지하고속도로 노선 선정 원칙

지하고속도로의 노선 선정은 지상부와 유사하므로 일반적으로 지상부 고려사항을 준용 가능할 것

으로 판단된다. 왜냐하면 지하고속도로는 기본적으로 지상부에 고속도로가 설치되기 어려운 제한환경요인을 극복하거나 지상부의 수요가 증가하여 신규 네트워크가 필요하지만 지상부 공간을 활용하지 못할 경우에 설치되기 때문이다. 따라서 지하고속도로 노선 선정의 기본적인 검토대상은 지상부이며, 이는 지상부에 고속도로를 설치할 수 있다면 굳이 지하에 고속도로를 설치할 이유가 없기 때문이다. 또한 지하공간 개발에 따라 지상공간 활용이 가능하거나 지하고속도로 통행으로 인한 환경오염(CO₂, NO_x 등) 저감이 필요한 지역에는 적극적으로 지하고속도로 도입을 검토할 필요가 있다.

따라서 지하고속도로 노선 선정의 세부 고려사항은 다음과 같다.

- 도시, 집단거주지, 항만, 공항, 산업단지, 관광지 등 현재 지상부 공간활용 및 장래 지상부 공간계획
- 지상부 고속도로 유무(만약 있다면 혼잡정도 및 확장가능 여부)
- 장래 지하부 공간계획 및 네트워크 계획(지하부에 계획된 특정한 시설 및 도로망, 철도망)

- 지상부의 지역개발계획 및 도시계획
- 유적, 매장문화재, 학교, 병원, 종교시설, 공동묘지 등 지하부 활용에 영향을 미치는 요인들
- 지상부 노선의 불합리한 선형조합
- 지상부의 입체교차 어려움 및 교통혼잡
- 적설이 많은 지역, 연약지반 등의 환경적 요인
- 지상부 자연환경 및 생활환경
- 농경지, 녹지 등의 보존
- 보존가치가 있는 지형 및 지질유산과 해당지역의 경관
- 지하고속도로 통행으로 인한 환경오염(CO₂, NO_x등) 저감이 필요한 지역

2. 지하고속도로 노선 유형

지하고속도로 노선 유형은 지하고속도로의 형태와 기능에 따라 다양하게 구분 가능하나, 크게 지상부 고속도로와의 관계, 일반도로와의 연계지점, 고속도로와의 연계여부에 따라 구분 가능하다. 지

〈표 2〉 지상부 고속도로 유무에 따른 지하고속도로 노선 유형

구분	독립형	병행형
정의	지상부 고속도로 없음	지상부 고속도로 있음

〈표 3〉 일반도로와의 분기위치에 따른 지하고속도로 노선 유형

구분	지상분기형	지하분기형
정의	일반도로와의 분기는 지상고속도로에서만 이루어짐. 지하고속도로의 경우 지상고속도로로 분기한 후, 다시 일반도로로 분기함	지하고속도로에서 일반도로와의 분기점 있음

〈표 4〉 고속도로와의 연계여부에 따른 지하고속도로 노선 유형

구분	개별노선형	네트워크형
정의	다른 고속도로와 분기되지 않고 중간 진출입도 없음(시종점만 기존 고속도로와 연결)	다른 고속도로와 분기되며, 중간 진출입 있음(지상 혹은 지하에서 다른 고속도로와 만나는 분기점 존재)

상부 고속도로 유무는 지하고속도로 설계차종과 밀접하게 관련되어 독립형과 병행형으로 구분가능하며, 일반도로와의 연계지점은 진출부 처리, 요금징수 등과 관련되어 지상분기형과 지하분기형으로 구분할 수 있다. 고속도로와의 연계여부는 시공 용이성과 관련되며, 개별노선형과 네트워크형으로 구분하며, 각각의 세부 내용은 다음과 같다.

지하고속도로 네트워크 유형은 지상부의 공간활용, 지상 도시권역 범위(장래 및 현재), 지하고속도로에 부여된 역할/기능, 지상부 혼잡범위 등에 따라 달라질 수 있으며, 세부 내용은 다음과 같다.

지하고속도로의 경우 특별한 경우를 제외하고는 대도시권에 설치될 가능성이 높으므로, 개별노선형 지하고속도로를 우선적으로 도입하고, 도시권역의 확장에 따라 방사형 지하고속도로를 건설한 후, 순환형을 도입하는 등 단계적 지하고속도로 네트워크를 추진하는 것이 타당하다.

Ⅳ. 지하고속도로 진출입지점 선정 고려 사항

일반적으로 고속도로에서 진출입시설을 계획할 경우 운전자의 안전과 교통류 처리의 효율성에 기반하여 대부분 지상에 설치되고 있으나, 지하고속도로의 경우 지형의 특성상 지하공간 내부에 진출입부 및 분기점이 설치되므로 시설물의 형태, 시설물의 기능적 차이, 시공성, 교통류 특성, 접속도로 여건 등에 따라 지상고속도로의 진출입시설과 차별되는 접근방법이 필요하다.

먼저 접속되는 지상도로의 교통상태에 따라 지하고속도로의 정체발생 가능성을 최소화할 수 있는 효율적인 진출부 교통처리 대책에 대한 검토가 필요하다. 또한 지하공간에서 진출입 발생 시 운전자의 심리 및 인지반응에 대한 사전 검토가 필요하며, 터널 내부 진로변경 금지 등 관련 기준의 개선 및 보완이 필요하다. 또한 지하에 진출입부 및 분기점이 설치될 경우, 교통안전시설과 방재시설의 설치기준과 지하고속도로 내의 조도, 표지판 설치

〈표 5〉 지하고속도로 네트워크 유형 구분

구분	개별노선형	네트워크형	
정의	다른 고속도로와 분기되지 않고 중간 진출입도 없음 (시중점만 기존 고속도로와 연결)	다른 고속도로와 분기되며, 중간 진출입 있음 (지상 혹은 지하에서 다른 고속도로와 만나는 분기점이 존재)	
세분화	개별노선형	방사형	순환형
정의/기능	지상부 고속도로의 미연결구간을 연결	도심 등 특정 권역에서의 내부 이동성 확보 및 지상부 공간 활용	주요 도시를 연결하거나 도심으로의 통과수요를 억제
위치/지역	제한 없음	도심 내부/외곽	도심 외곽
특징	이동성 확보를 위해서 단거리의 특정 구간을 연결	도심과 인근 도시를 연결	인근 도시와 인근 도시를 연결
통행거리	단거리	중장거리	장거리
지상부 관계	독립관계	병행관계	병행/독립관계
차종	전차종	특정 차종	전차종/특정 차종
장점	초기 단계 지하도로, 즉 시중점부가 진출입지점이므로 건설/설계/유지관리 쉬움	지상부 토지이용과 연계되어 건설될 경우, 이동성 확보 및 도시환경 개선효과 극대화	대도시권과 주변 도시와의 이동성 확보
단점	진출부 혼잡처리 문제	설계/시공/유지관리/교통관리 어려움	시공/유지관리/교통관리 어려움 경제성 확보 불확실

를 고려한 단면구성 및 분기구간 안정성 확보방안 등에 대한 검토가 필요하다.

가 지하고속도로 본선까지 역류하여 본선 정체를 영향을 미치지 않을 지점

- 진출램프 이용차량이 좌/우회전 방향전환 가능 지점

1. 지하고속도로 진출입지점 선정

1) 교통측면의 고려사항

지하고속도로의 목적, 지상 접속도로의 용량, 진출입 연결로 미터링 등 지하고속도로의 진출입 지점 선정과 관련하여 교통측면의 고려사항은 다음과 같다.

- 지하고속도로 역할과 기능 및 대상지역의 통행특성을 고려하여 도로건설의 목적에 부합하는 교통서비스의 제공이 가능한 진출입 지점
- 지상 접속도로의 교통용량이 여유가 있는 지점
- 지상교통의 진입을 자연스럽게 유도할 수 있는 충분한 시거가 확보되는 지점
- 진입부 연결로 미터링을 위해 지상고속도로 대기 행렬이 본선에 영향을 미치지 않도록 대기공간 여유가 있는 지점
- 진출부 연결로 전방 혼잡으로 대기 행렬 길이

2) 설계 및 시공 측면 관련 고려사항

진출입지점의 설계 및 시공과 관련한 고려사항은 다음과 같다.

- 지하 지장물 현황 : 위치(심도), 지장물의 종류 및 규모, 굴착공법에 따른 영향범위
- 지하고속도로의 진출입부 굴착공법 : NATM(발파시공) - 소음, 진동 민원 고려 : 개착공법 - 지상부 개착을 위한 시설 설치 및 작업공간 확보 여부
- TBM(기계화시공) - 굴진을 위한 장비 설치 등 작업공간 확보 여부
- 지하고속도로와 접속도로(지상고속도로/일반도로)와의 고저차
- 경제성 : 시공방법에 따른 공사비(보강비, 굴착공법 등)

3) 진입/진출부별 세부 고려사항

지하고속도로 진입부의 연결로로부터 과도한 차량들이 본선으로 진입하는 경우에는 지하고속도로 정체는 물론 지하 교통류의 안전에 큰 문제가 발생할 가능성이 높다. 따라서 진입시설 상류부의 교차로는 과도한 차량진입을 막을 수 있도록 설계, 운영되어야 한다. 또한 진출램프 교통수요가 연결로 진출용량을 초과하는 경우, 본선으로 대기행렬이 전파되어 지하고속도로의 본선부 분류구간에서 정체가 발생하게 된다. 따라서 진출시설 인접 교차로는 진출차량이 상부교차로에서 원활한 소통을 도모할 수 있는 방안이 필요하다. 즉, 지하고속도로 진입 교통량이 목표 진입량을 초과하지 않도록 인접 교차로 운영방안이 필요하다. 이와 같은 진입/진출부별 세부 고려사항은 다음과 같다.

- [진입부] 진입시설 인접 교차로의 혼잡 예방 및 지하고속도로 흐름 최적화
 - 미터링으로 인한 대기행렬 발생 대비
 - 대기행렬 발생길이 예측 및 교차로와 진입부와의 이격거리 산정 필요
- [진출부] 진출부 혼잡 해소 및 지하고속도로

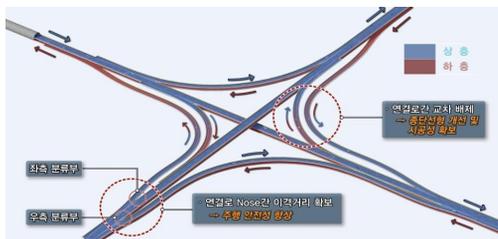
의 영향 최소화 운영방안 수립

- 교차로 대기길이 제어 및 이를 고려한 교차로 이격거리 산정(명순응 고려)
- 종단구배 등 기하구조와 가속능력에 따른 이격거리 산정
- 교차로와 진출램프의 적절한 신호 연동제어 필요
- 진출램프의 대기행렬의 길이에 반응하는 대기행렬제어 신호시스템 필요

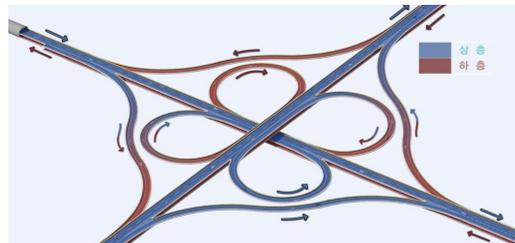
2. 지하고속도로 접속형식

1) 개요

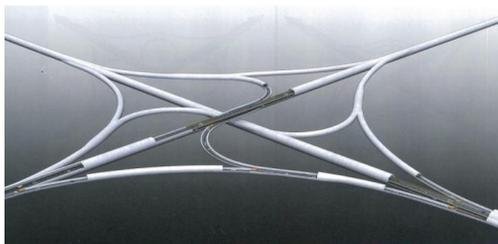
지하고속도로와 지하고속도로가 병행하여 위치하고 있는 경우, 소형자동차를 설계기준 자동차로 적용하여 복층구조라는 새로운 형태의 지하고속도로가 설계되며, 이 경우 연결로 설계에 대한 다양한 대안이 검토될 수 있다. 해외 지하고속도로의 경우도 지상고속도로의 진출입형식과 마찬가지로 지상 교차도로의 여건에 맞는 형식을 선정하여 적용하였으며 대부분 시공성을 감안하여 개착공법으로 시공되고 있다. 이는 규모가 큰 진출입시설의



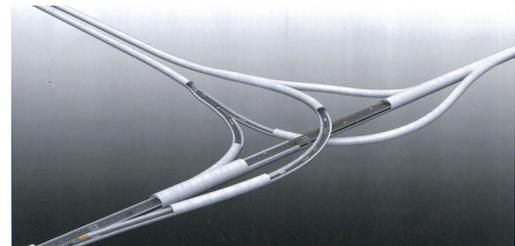
직결형식(복층구조)



클로버형(복층구조)



터빈형식(복층구조)



Y형(복층구조)

〈그림 3〉 지하고속도로 분기점 형식의 예

경우 기존 고속도로 부지를 최대한 이용, 개착공사를 시행하여 추가 용지확보를 최소화시키기 위한 노력의 일환이다.

기본적으로 지상고속도로를 그대로 존치하고 하부에 추가적으로 지하고속도로를 건설할 경우, 시종점구간의 접속부는 Up-Down형식이 적합하며 교통상황에 따라 추가적으로 설치되는 진출입시설의 경우 고속도로 주변 도로상황에 따라 다양한 형식의 검토가 가능하다. 지하고속도로의 진출입시설의 설계는 지상부 설계와 크게 다를 바 없으므로 기존의 설계기준으로 충분히 가능하며 실제 설계과정에서 발생할 수 있는 많은 문제점들을 공학적인 판단에 의거하여 해결해야 한다.

2) 지하고속도로~지상고속도로(분기점)

고속도로 상호간의 입체교차인 분기점의 경우, 도로조건이나 주행조건(주도로 설계속도)의 변화를 크지 않게 하고, 능률적 방향전환이 가능하게 계획 및 설계해야 한다. 분기점의 계획 및 설계의 기본은 인터체인지의 일반적인 계획 및 설계의 기준과 유사하며, 고려조건, 그리고 설계방법에서 약간의 차이점이 존재한다.

지하고속도로의 경우 고속도로와 고속도로가 지하공간에서 교차함으로 인해 지하공간에서 분기점이 발생하고 지상부와 달리 제한된 공간 내에서 작

업이 이루어져야 하므로, 시공 상 상당한 제약이 따를 것으로 예상된다. 따라서, 지하고속도로의 분기점 설계 시 시공성과 시공 장비의 특성변영이 필요하다. 지하고속도로와 지상고속도로간 고저(심도)차이가 큰 경우 지상고속도로의 분기점과 같은 one point 형식(직결형, 클로버형 등)으로 직접적인 연결이 불가능하다. 최대 종단경사 기준(7%)을 적용하더라도 직접 연결이 어렵기 때문에 고저차를 극복하기 위해 지상 또는 지하공간의 한 지점에서 통합하여 지하 또는 지상으로 연결한 후 트럼펫형 등으로 연결하는 등의 방법이 적용되어야 한다. 스페인 마드리드의 M30의 경우 분기점에서 지하도로의 심도를 지상도로와 최대한 근접시켜 개착공법으로 연결하는 기존 분기점 형식(one point)을 적용하였으나 국내의 경우 수도권 지상부의 지장물 등으로 인해 적용이 곤란할 가능성이 있다.

3) 지하고속도로~일반도로(니들목)

고속도로와 일반도로 간의 일반 인터체인지에서 고속도로와 일반도로 사이에서의 속도 조절이 관건이다. 지하고속도로와 일반도로와의 고저(심도) 차이에 따라 연결로의 길이가 길어질 수 있기 때문이다. 지하고속도로의 인터체인지의 형식은 터널의 단면(복층, 병렬)에 따라 좌/우 분합류 및

〈표 6〉 지하고속도로 진출입부의 지상부 접속방식

외측 진출입 형식	중앙 진출입 형식
	
<ul style="list-style-type: none"> • 도로변 접근을 위해 측도설치 필요 • 중앙 버스전용차로제 구간 및 대규모 지장물(지하철 등)이 있는 경우 • 차로수 축소 또는 부지 확보가 가능한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하고속도로 진출입 용이 • 중앙 버스전용차로제 미설치 구간 및 대규모 지장물(지하철 등)이 없는 경우 • 차로수 축소 또는 부지 확보가 곤란한 경우

연결로 간 교차가 발생되므로 시공성을 고려하여 직결 형태가 적합하다.

4) 지상 접속부(진출입) 접속방식

지상부 접속방식은 지상도로의 여건에 따라 중앙부 접속과 편측 접속방식 고려하다. 중앙부 접속방식은 차로수 축소 또는 부지확보 곤란할 경우에는 유리하나, 버스전용차로제가 시행되고 있는 구간에는 적용이 곤란하다. 편측부 접속방식은 편측부에 추가 용지확보가 가능한 구간에서 적용이 용이한 장점이 있으므로 현장여건에 맞게 적용하여야 한다.

5) 지하고속도로 진출입 시설 형식 검토결과

지하고속도로의 진출입시설 설계 시 현재의 설계기준 적용이 가능하다. 다만, 가속차로의 길이는 소형자동차의 경우 대형차에 비해 톤당 마력이 2배 가까이 향상되어 가속 길이가 축소할 것으로 예상되지만 계산에 필요한 변수의 적용이 명확치 않아 추가적인 검토가 필요하다. 진출입시설 형식은 해외사례에서도 보듯이 주변 여건(도로현황 및 여유부지 등)에 따라 다양하게 적용되고 있으며 국내 지하고속도로의 경우도 이와 다르지 않다. 다만, 복층구조의 경우 국내 설계사례가 없어 많은 검토가 필요하고 주어진 제약조건에서 시공성을 충분히 고려한 형식의 선정이 필요하다.

지상도로와 연결되는 진출부 연결로 종단경사가 주변여건에 따라 급경사가 불가피할 경우 이로 인해 발생할 수 있는 주행자동차의 속도감소 및 용량저하를 방지하기 위해 오르막차로, 확폭 등의 설치여부를 검토해야 하며 반드시 경제성도 함께 고려되어야 한다. 상부 고속도로와의 접속은 Up-Down형식이 가장 효율적이며 지상부의 여건에 따라 중앙부 접속방식과 편측접속방식을 검토하여 적용할 수 있으며 세부 설계 시 공사 중 지하고속도로의 교통처리계획이 함께 고려되어야 한다.

III. 결론

본 연구는 지하공간의 효율적인 활용에 대한 관심이 높아지고 있는 시점에서, 지하고속도로의 교통계획분야 주요 이슈 중에서 지하고속도로의 노선 및 진출입지점 선정 고려사항에 대해 논하였다. 교통계획측면에서 지하고속도로의 노선과 진출입부의 위치, 개소에 따라 지하고속도로의 경제성이 달라질 수 있기 때문에, 지하고속도로의 성공은 접속부를 포함한 주요 진출입부의 위치 및 처리에 달려있다고 해도 과언이 아니기 때문이다. 본고에서는 일반도로의 노선 선정 원칙과 해외사례, 그리고 지하고속도로의 여건 등을 기반으로 지하고속도로 노선 선정 고려사항을 제시하였다.

지하고속도로는 기본적으로 지상부에 고속도로가 설치되기 어려운 제반 환경요인을 극복하거나 지상부의 수요가 증가하여 신규 네트워크가 필요하지만 지상부 공간을 활용하지 못할 경우에 설치되기 때문에 지하고속도로 노선 선정 시 지상부와 지하부에 대한 공간 활용여건과 장래 계획을 기본적으로 검토하는 것이 핵심이다. 또한 지하공간 개발에 따라 지상공간 활용이 가능하거나 지하고속도로 통행으로 인한 환경오염 저감이 필요한 지역에는 적극적으로 지하고속도로 도입을 검토할 필요가 있다.

지하고속도로 노선 유형은 지하고속도로의 형태와 기능에 따라 다양하게 구분 가능하나, 크게 지상부 고속도로와의 관계, 일반도로와의 연계지점, 고속도로와의 연계여부에 따라 구분 가능하다. 지상부 고속도로 유무는 지하고속도로 설계차종과 밀접하게 관련되어 독립형과 병행형으로 구분가능하며, 일반도로와의 연계지점은 진출부 처리, 요금징수 등과 관련되어 지상분기형과 지하분기형으로 구분할 수 있다.

지하고속도로 진출입지점은 지하공간 내부에 입출구부 및 분기점이 설치되므로 시설물의 형태, 시설물의 기능적 차이, 시공성, 교통류 특성, 접속도로 여건 등에 따라 지상도로의 진출입시설과 차별

되는 접근방법이 필요하다. 특히 지하고속도로 역할과 기능 및 대상지역의 통행특성을 고려하여 건설의 목적에 부합하는 교통서비스의 제공이 가능한 진출입 지점을 선정하는 것이 필요하다.

또한 지상도로와 연결되는 진출부 연결로 종단 경사가 주변여건에 따라 급경사가 불가피할 경우, 이로 인해 발생할 수 있는 주행자동차의 속도감소 및 용량저하를 방지하기 위해 오르막차로, 확폭 등의 설치여부를 검토해야 하며 반드시 경제성도 함께 고려되어야 한다. 상부 고속도로와의 접속은 Up-Down형식이 가장 효율적이며 지상부의 여건에 따라 중앙부 접속방식과 편측접속방식을 검토하여 적용할 수 있으며, 지상 고속도로의 교통처리 계획도 함께 고려되어야 한다.

전술한 것과 같이 지하고속도로의 도입에 앞서 지하고속도로에 대한 다양한 특성이 반드시 조사되어야 한다. 특히 교통계획분야의 경우 운전자의

경로선택 및 주행행태는 장래교통수요예측 및 경제성 분석의 기본이 되므로 이에 대한 관심과 노력이 필요하다.

참고문헌

1. 도로계획지침(2009), 국토해양부.
2. 수도권 지하고속도로 구상방안 수립 연구(2009), 국토해양부.
3. 지상도로 교통량 저감을 위한 기본계획 종합 보고서(2010), 서울특별시.
4. 최윤희·이청원(2011), 지하고속도로 교통계획분야 주요 쟁점사항 및 기법, 고속도로지, 한국도로공사.
5. 지하고속도로 계획 및 운영방안 수립 연구(2011), 한국도로공사 도로교통연구원.