

교통시설 지하화 사업의 평가체계 개선방안

정동재 / 교통물류연구부 부연구위원

배경과 목적

- 도시에 인구가 집중되고 생활권은 팽창하면서 과거에 건설된 도심부의 교통시설이 각종 도시, 교통, 환경 문제를 야기하고 있으며 이 문제를 완화하기 위한 대안으로 교통시설의 지하화 사업이 고려될 수 있음
- 교통시설의 지하화와 지상부 토지이용 변화 및 지역개발 요구는 국가 경제와 국민 소득수준이 성장함에 따라 점증할 것으로 예상되며, 실제로 국내·외 주요 도시의 현안 문제로서 지속되고 있음
- 인천광역시 내에서는 경인고속도로, 인천대로, 경인철도가 지나가는 지역의 인구 감소율이 해당 지역의 경쟁력 쇠퇴를 시사하고 있으며, '2022 인천 아젠다 30'의 아젠다 30개 중에서 10%에 달하는 3개 아젠다가 교통시설 지하화에 관한 내용으로 선정될 정도로 교통시설 지하화에 대한 관심과 요구가 높음
- 이에 따라 이 글에서는 인천광역시 교통시설 지하화 사업의 필요성과 쟁점을 검토하고자 함

정책제안

- 교통시설 지하화 사업은 중장기적 관점의 사업 추진전략이 요구되며, 특히 지하화 사업은 상당한 예산이 소요되므로 투입비용 대비 효과를 높일 수 있는 방안과 해당 사업을 통해 얻을 수 있는 사회·경제적 편익에 대한 면밀한 검토가 필요함
- 이를 위해 교통시설 지하화에 대한 신규 편익 항목을 발굴하고 해당 편익 항목에 대한 평가 방법론을 구축해야 함. 기존 편익항목에 대해서는 편익추정 방법론이 학술적 보편성을 확보할 수 있도록, 또한 국내의 사회경제적 여건 변화를 제대로 반영할 수 있도록 평가체계를 개선해야 함
- 관련 논의와 실증 연구를 축적하면서 이론적 신뢰도가 높은 신규 편익 평가체계에 대한 학계의 합의를 도출하고 관계부처와 지속적인 협의를 통해 정책적 수용성이 높은 편익 평가방안을 모색함으로써, 궁극적으로 예비타당성조사 평가체계에 반영되도록 추진해야 함
- 교통시설 지하화 사업에 대한 연계사업을 구상하고 비용절감 방안을 검토하여 지하화 사업의 타당성을 높이는 전략을 모색해야 함

1 교통시설 지하화 요구 증대와 국내외 사례

● 교통시설 지하화 요구 증대

- 도시에 인구가 집중되고 생활권은 팽창하면서 과거에 건설된 도심부의 교통시설이 각종 도시, 교통, 환경 문제를 야기하고 있음
 - 고속도로와 철도 등 교통시설이 지역을 단절하여 효율적인 도시개발과 공간활용 제한
 - 교통수요 증가량 대비 처리용량 개선이 미미하여 교통혼잡과 그에 따른 환경문제 야기
 - 기존 교통시설물을 교차하는 교통망 구축이 어렵고, 특히 대중교통망 개선 제한
 - 교통시설 인근 지역에 소음, 진동, 공해 등 환경문제를 야기하고 주거환경 및 삶의 질 저해
- 도심부 교통시설이 야기하는 도시문제를 완화하기 위한 대안으로 교통시설 지하화 사업이 고려될 수 있음. 교통시설 지하화 사업은 다음과 같은 효과를 기대할 수 있음
 - 교통시설을 지하화하여 도시공간을 확보하고 부족한 도심지 인프라 문제 해결
 - 교통시설 지하화로 단절된 지역을 통합하여 지역간 소통 및 교류 활성화
 - 교차 및 횡단이 어려운 교통시설이 지하로 이설되면 지상부에 격자형 교통망 구축이 가능해져서 지역간 접근성과 대중교통망 개선 용이
 - 지하와 지상에 복층의 교통망을 형성하여 교통량을 분산하고 도심지 교통혼잡 문제 완화
 - 방음벽, 옹벽 등 도시경관 저해 시설물을 철거하여 도시미관 개선
 - 지하공간에서 교통소음을 차단하고 대기오염물질을 정화하여 환경문제 해소
 - 도시에 공원과 녹지를 확충하여 쾌적한 지상공간을 조성하고 주거환경 및 삶의 질 향상
- 교통시설 지하화와 지상부 토지이용 변화 및 지역개발 요구는 국가 경제와 국민 소득수준이 성장함에 따라 점증할 것으로 예상되며 그 이유는 다음과 같음
 - 도시 집중 현상이 지속되어 신규 개발공간의 필요성은 증대되지만 도시 내 유휴부지는 부족해짐
 - 교통시설이 배타적으로 점유해온 지상공간을 여러 구성원이 공유하는 다기능적 장소로 회복할 수 있는 경제적 여력이 생김
 - 쾌적한 도시 조성 및 삶의 질 향상에 대한 요구가 증대됨
 - 통행자의 시간가치가 높아질 뿐만 아니라 자연보전, 균형발전, 지역통합, 주민복지 및 지역문화 향상, 지역주민의 인권확립, 주거환경 개선, 도시 미관 개선, 교통취약계층의 통행권 보장, 에너지 소비 절감 등과 같은 다양하고 새로운 사회적 가치를 추구하는 목소리가 커짐
- 실제로 교통시설 지하화 사업은 국내외 주요 도시의 현안 문제로서 활발히 추진되고 있음

● **국내·외 교통시설 지하화 사례**

1. 경의선 숲길(용산선 지하화)

- 경의선 숲길은 경의선(용산선) 폐철길을 공원으로 개발한 서울 도시재생 프로젝트임
 - 가좌역(마포구)-효창공원앞역(용산구) 구간과 원효로1동 주민센터까지 6.3km 길이의 공원
 - 2008년 용산선 지하화 작업 시작, 2011년 지상구간 숲길 조성 착수, 2016년 지상구간 숲길 완공(세 구간을 나눠 착공하여 2012년, 2015년, 2016년 세 단계로 개방)
- 녹지가 부족했던 마포구와 용산구에 경의선 숲길이 조성되어 인근 주민의 삶의 질이 향상되었을 뿐만 아니라 서울의 대표적인 산책로가 되었음. 또한 공원 인근에 형성된 상권은 지역사회 발전에 기여하고 있음

[그림 1] 경의선 숲길(용산선 지하화 후 모습)



자료: 서울의 공원 홈페이지(<https://parks.seoul.go.kr/>)

2. 서부간선도로 지하화

- 서부간선도로 지하화 사업은 기존 고속화도로를 지하로 이설하고 지상 구간은 일반도로로 전환하는 사업임
 - 서부간선 지하도로는 2015년 민간사업자 선정, 2016년 3월 착공, 2021년 9월 개통됨
 - 향후 서부간선도로 지상구간에는 일반도로와 안양천 공원이 연계된 녹지 공간이 조성될 예정임
- 서부간선도로 지하화 사업은 상습 교통정체, 소음 및 미세먼지 피해, 지역간 단절 문제를 완화하고자 추진됨
 - 서부간선도로를 복층화하여 교통량을 분산하고 교통혼잡 문제를 완화
 - 지상공간을 자동차 중심 도로에서 보행자 중심 도로로 전환하고 지역간 소통 및 교류 활성화
 - 안양천 공원과 연계해 녹지를 조성하고 주거환경 향상 및 환경문제 완화

[그림 2] 서부간선지하도로 광명대교 인근 상부공간(좌), 지하도로 조감도(우)

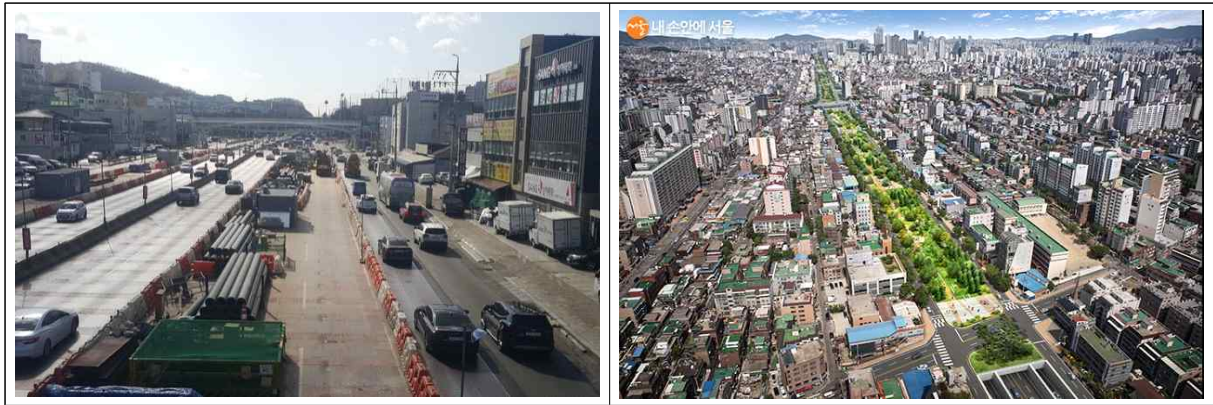


자료: 서울특별시 홈페이지(내손안에 서울, <https://mediahub.seoul.go.kr/>)

3. 국회대로 지하화(신월여의지하도로)

- 국회대로(구 제물포길)는 경인고속도로 지정해제 구간(신월IC-양평IC)을 포함하는 간선도로로 교통혼잡, 지역단절, 환경피해 문제가 대두되어 지하화 사업이 추진되고 있음
- 국회대로 지하화 사업은 지하 1층에 지하도로(연장 4.1km, 왕복 4차로), 지하 2층에 지하터널(연장 7.53km, 왕복 4차로, 신월여의지하도로)를 건설하고 지상 공간은 공원과 비동력교통 중심의 도로로 조성하는 사업임
 - 지하 2층의 신월여의지하도로는 BTO(Build Transfer Operate) 방식의 민간투자사업으로 2015년 10월 착공, 2021년 4월 개통되었음
 - 지하 1층의 지하차도는 2024년 개통 예정, 지상부의 친환경 선형공원과 생활도로는 2025년까지 조성될 계획임
- 서울특별시는 국회대로 지하화 사업이 교통혼잡, 지역단절, 환경문제 등 서울 서남권의 도시 문제를 완화하고 지역주민의 삶의 질을 향상할 것으로 기대함
 - 신월IC에서 여의도까지 첨두시간대 통행시간을 기존 32분에서 8분으로 단축
 - 하루 최대 19만 대에 이르는 교통량을 분산하여 교통문제 완화
 - 터널 안에서 대기오염 물질을 정화하고, 교통소음을 차단하여 환경문제 해소
 - 오랜 기간 단절되었던 상부 공간을 통합하고 공원녹지를 확충하여 서울 서남권의 주거환경 개선

[그림 3] 국회대로 현재 모습(좌), 공원조성 조감도(우)



자료: 서울특별시 홈페이지(내손안에 서울, <https://mediahub.seoul.go.kr/>)

4. 동부간선도로 지하화

- 동부간선도로 지하화 사업은 교통혼잡과 침수가 빈번했던 동부간선도로를 6차로에서 8차로로 확장하면서 지하화하고, 지상공간 및 종량천 일대 약 221만㎡를 친환경 수변공간으로 조성하는 사업임
 - 민간투자사업과 재정투자사업으로 나누어 사업 추진([표 1]과 [그림 4] 참조)
 - 콘크리트 인공호안 대신 자연형 호안 조성, 생물서식처(갈대숲) 조성 등 생태하천 복원

[표 1] 동부간선도로 지하화 사업 개요

구분	민간투자사업	재정투자사업
구간	영동대로(경기고앞)-동부간선도로(월릉교)	동부간선도로(군자교-월계1교), 영동대로 학여울역-경기고앞
규모	터널 4차로(병렬), 10.4km	터널 4-6차로(병렬), 11.3km, 터널 4차로(병렬), 2.4km
공사기간	2021-2026년	2024-2028년
총사업비	9,454억 원	13,234억 원(전액시비)
시행주체	사업제안사	서울특별시

자료: 서울특별시 보도자료(2019.12.26.), 서울시, '동부간선도로 지하화' 민자사업 본격 추진

- 동부간선도로 지하화 사업 중에서 민간투자사업 구간은 현재 한국개발연구원 공공투자관리센터 적격성조사와 기획재정부 민간투자심의를 통과하였으며, 2021년 실시협약 체결 및 착공, 2026년 개통을 목표로 추진되고 있음
- 서울시는 동부간선도로 지하화 사업이 완료되면 다음과 같은 효과가 있을 것으로 기대함
 - 통행시간 단축: 월계-강남간 통행시간이 기존 30분대에서 10분대로 단축
 - 종량천 생태하천 복원 및 친환경 수변공간 조성
 - 도시 단절을 회복하고 새로운 교통축을 형성하여 지역 균형발전 도모
 - 종량천의 치수성능을 향상하여 집중호우에도 홍수에 안전한 하천 및 교통망 조성

[그림 4] 동부간선도로 지하화 조감도



자료: 서울특별시 보도자료(2019.12.16.), 서울시, '동부간선도로 지하화' 본격화... '26년 개통 예정

5. 미국 - 보스턴 빅딕(Boston Big Dig)

- 빅딕은 교통혼잡, 교통사고, 지역단절 문제를 야기하던 기존 고가도로를 철거하고 지하 공간에 고속도로를 건설한 사업임
 - 지하 고속도로는 연장 12km, 차로수 왕복 8-10차로이며, 사업비 14,625백만 달러가 소요됨
 - 1991년 착공, 2002년부터 순차적으로 개통하여 2007년 12월 전 구간 개통함
 - 기존 고가도로가 철거된 지상 공간에는 오픈스페이스 109,000㎡를 조성하고 녹지와 광장을 확충함
- 빅딕 사업 이후 차량 통행시간 62% 감소, 일산화탄소 농도 12% 감소, 다운타운과 대서양 수변지역간 지역단절 해소, 도시 재개발 촉진 등의 사업효과를 거두었음

[그림 5] 보스턴 빅딕 사업 이전(좌)과 이후(우) 모습

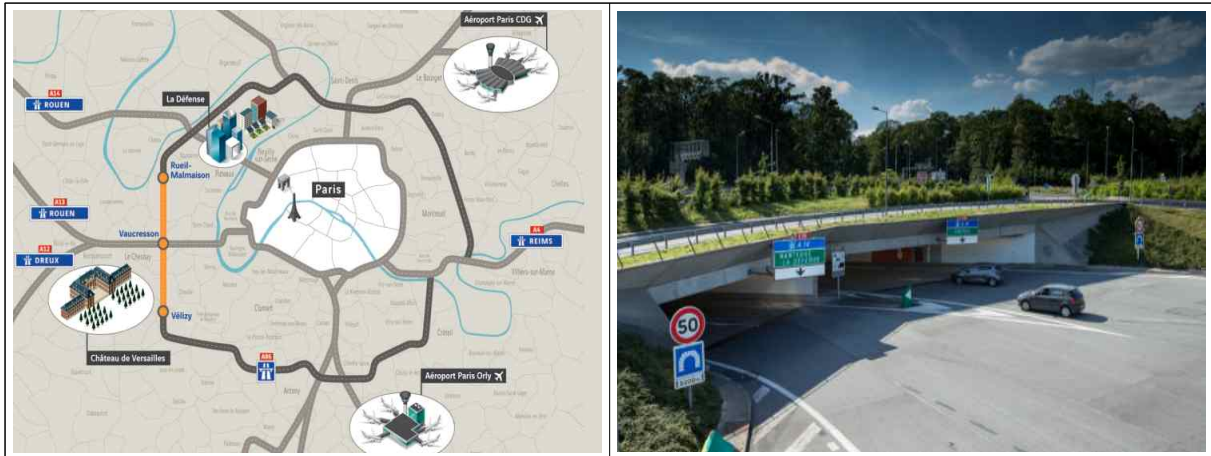


자료: Andy Ryan, in McNichol, Dan, The Big Dig, New York: Silver Lining, 2000, p.15

6. 프랑스 - 파리 Duplex A86 도로

- 파리 Duplex A86 도로는 대규모 녹지와 베르사유 궁정 인근 유적지를 보호하기 위해 30년간 논의를 거친 후 지하터널로 건설된 도로임
 - 민자투자사업(70년 운영)으로 1999년 착공, 2009년 일부 구간 개통, 2011년 전체 구간 개통하였으며 공사비는 22억 3,000만 유로(약 2조8000억 원)가 소요
 - 연장 10km, 차로수 편도 3차로, 복층 터널로 건설
 - 차량에서 배출되는 주요 오염 물질을 화학적으로 제거하는 설비 구축

[그림 6] 파리 Duplex A86 도로 노선도(좌)와 출입구 모습(우)



자료: Vinci Autoroutes 2021, 'GUIDE DUPLEX A86 (RUEIL-VAUCRESSON-VÉLIZY)'

7. 스페인 - 마드리드 M30 고속도로

- 1974년에 개통한 스페인 마드리드의 M30 고속도로는 마드리드 도시가 팽창하면서 지역 단절과 도시개발 제한, 교통혼잡 및 사고 문제 등을 유발하여 지하화 사업이 추진됨
 - M30 고속도로의 약 56km 구간을 지하화하면서 교통용량을 늘리고, 기존 지상공간을 공원과 비동력교통 전용도로 등으로 재개발함
 - TBM(Tunnel Boring Machine) 기술을 활용하여 2004년부터 2007년까지 3년만에 완공함
 - 터널 내부에 최첨단 대기오염물질 필터 시스템을 설치함
- M30 고속도로 지하화 사업을 통해서 지역 교류 활성화, 주민 삶의 질 향상, 만사나레스 하천기능 회복, 시내버스 노선망 개선, 연간 440만 시간 이상의 통행시간 감소, 대기오염물질 90% 저감 등의 효과를 거둘 수 있었음

[그림 7] 스페인 마드리드 M30의 지하화 이전(좌)과 이후(우) 모습



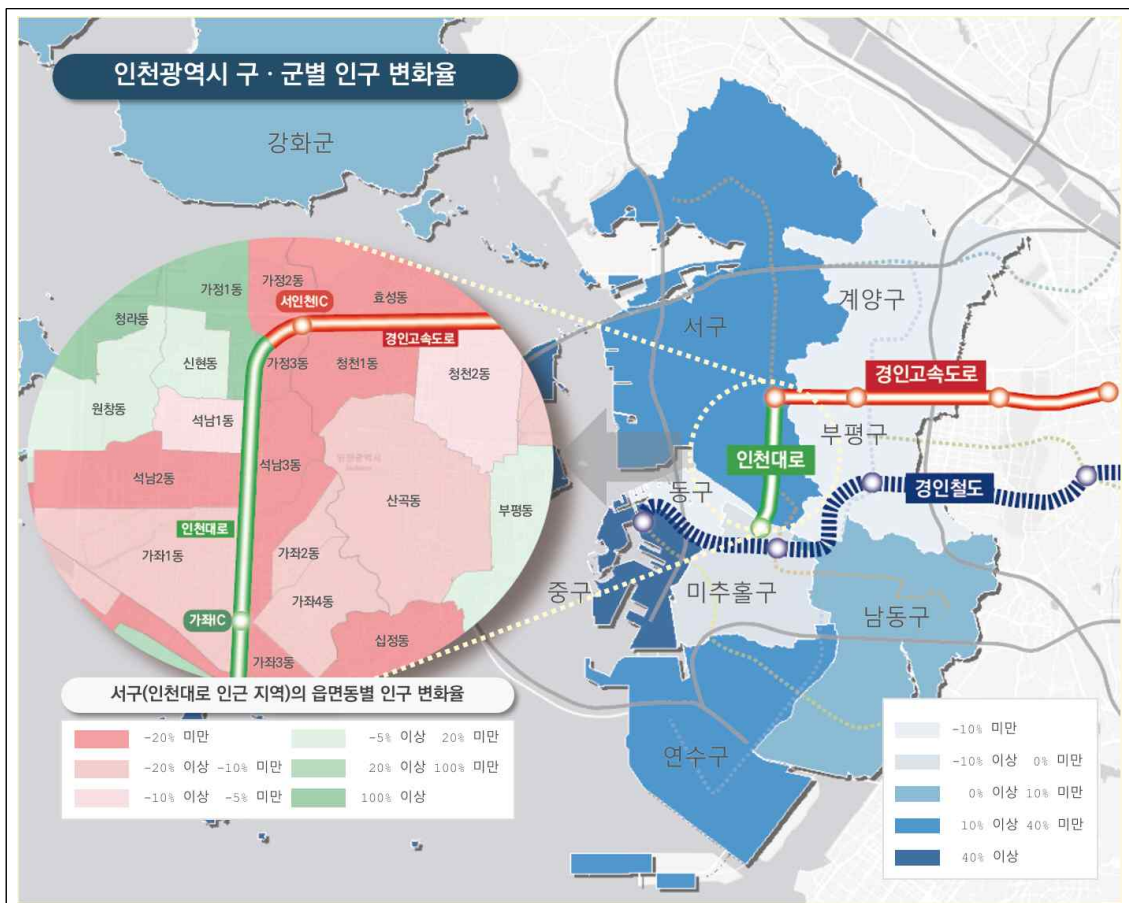
자료: Burgos & Garrido Arquitectos(www.burgos-garrido.com)

2 인천광역시의 교통시설 지하화 논의

● 인천광역시 교통시설 지하화 논의 배경

- 인천광역시 내에는 항만과 서울 및 경기 지역 사이를 연결하는 동·서축 교통망이 인천광역시의 중심을 가로지르며 남, 북 지역을 단절하고, 도시개발 및 경관을 저해하고 있음. 또한 교통시설 인근 지역에서는 소음, 진동, 공해 등 환경문제도 발생하고 있음
- 특히 경인고속도로, 인천대로, 경인철도가 지나는 지역의 인구 감소율은 상대적으로 해당 지역의 경쟁력이 쇠퇴하고 주거환경의 질이 낮음을 시사함(단, 해당 교통시설의 외부비용과 인구감소 간 인과관계에 관해서는 추가 검토 필요)
 - [그림 8]은 2011-2020년 사이 인천광역시의 구·군별 인구 변화율을 도식화한 것으로서, 경인고속도로, 인천대로, 경인철도에 근접한 지역인 동구, 계양구, 부평구, 미추홀구의 인구가 감소한 것을 보여줌
 - 동구, 계양구, 부평구, 미추홀구의 10년간 인구 감소율은 각각 20.5%, 13.8%, 11.8%, 3.3%임
 - 서구는 인구가 증가하였으나 인천대로에 접한 석남동, 가좌동 일대는 인구가 감소함

[그림 8] 인천광역시 구·군별 인구 변화율(2011-2020년)

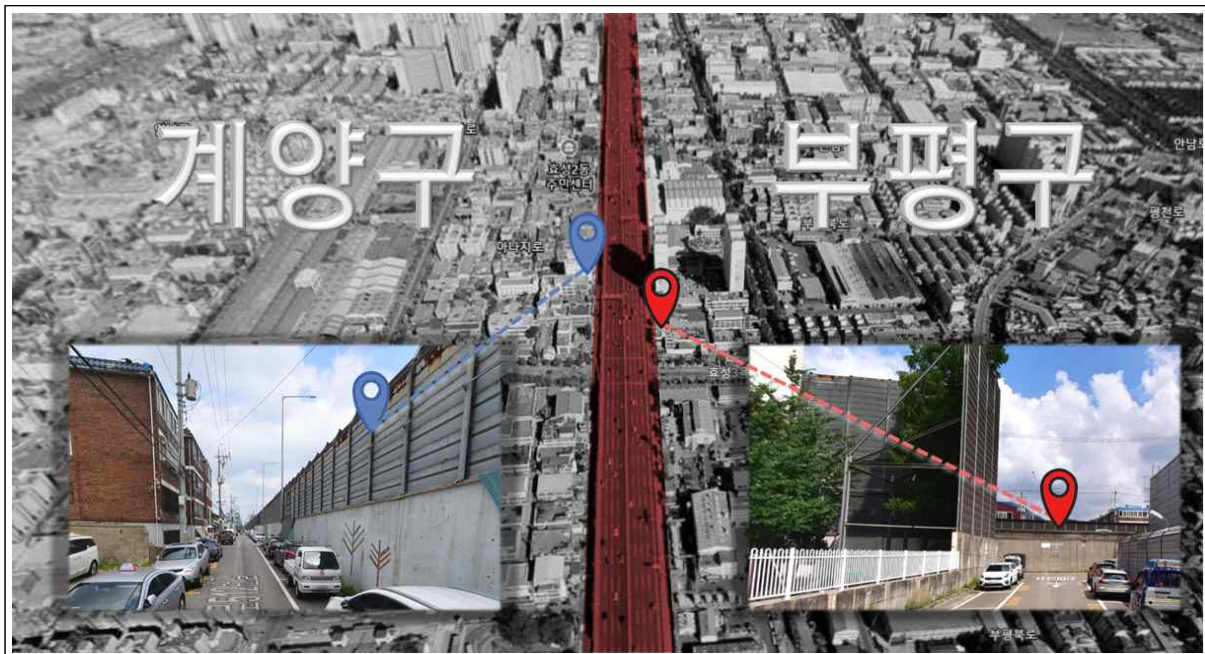


- 인천광역시는 도시공간 구조 개편과 교통망 정비를 위해 교통시설 지하화에 관한 논의를 진행하고 있음
 - 「2030년 인천도시기본계획」 등에서 경인선의 도시부 지상 철도부지를 지하화하여 상부를 활용하는 요구가 반영됨
- 또한 ‘2022 인천 아젠다 30’의 아젠다 30개 중에서 10%인 3개 아젠다가 교통시설 지하화에 관한 내용으로 선정됨
 - ‘2022 인천 아젠다 30’은 인천연구원이 인천광역시의 중장기 발전을 위해 선별한 지역현안 아젠다임
 - 경인고속도로 지하화, 인천대로 지하화, 경인철도 지하화가 ‘2022 인천 아젠다 30’에 포함됨

● **경인고속도로 지하화**

- 경인고속도로는 인천광역시와 서울특별시 서부를 연결하는 도로로서, 서인천IC를 통과하는 평균일교통량이 2020년 기준 185,001대인 핵심 간선도로임
- 그러나 경인고속도로는 인천광역시 계양구와 부평구 중앙을 가로지르며 두 지역의 생활권을 단절하고 있으며, 도로 인근의 침체와 인구감소의 원인으로 지적되고 있음
 - 경인고속도로로 인해 남북 지역간 접근성이 떨어지고, 교통망이 부족하여 교통혼잡을 초래함
 - 토지이용 변화를 제한하여 도시개발에 어려움이 있음
 - 소음, 공해 등 환경문제를 초래하고 방음벽은 도시 미관을 저해함

[그림 9] 경인고속도로와 인근 지역 모습

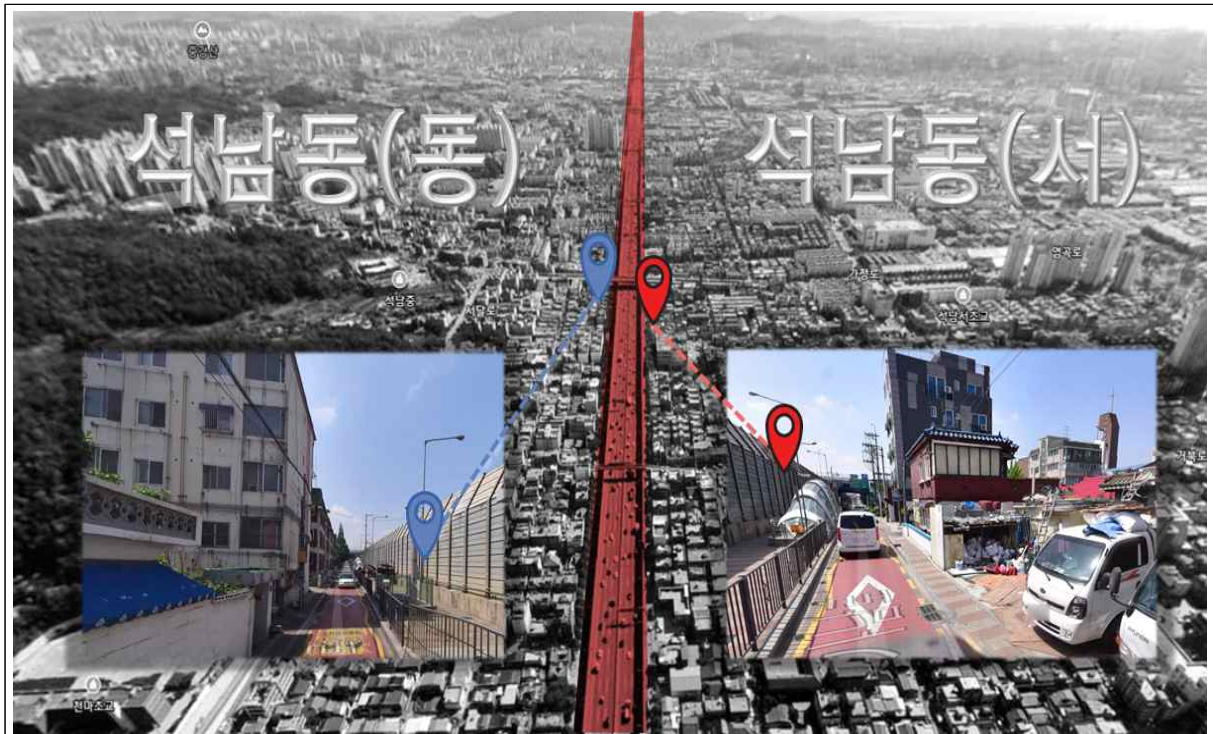


- 이에 경인고속도로 지하화 사업이 논의되고 있으며, 현재 제2차 고속도로건설계획 반영 심의 및 예비타당성조사 대상사업 선정 심사가 추진되고 있음
- 경인고속도로 지하화 사업이 완료되면 계양구와 부평구의 지역 단절을 해소하고 도시재생을 촉진할 수 있을 것으로 예상됨
 - 지상구간 토지이용의 변화와 함께 인근의 부평 산업단지를 포함한 노후 산업단지 지역의 도시재생 사업을 연계함으로써 도시개발 및 경관개선 촉진
 - 교통소음과 공해 등 환경문제와 교통혼잡 문제 완화

◆ 인천대로 지하화

- 인천대로는 2017년에 경인고속도로 인천광역시 시내 구간인 인천C-서인천C 간 10.45km 가 일반도로로 변경된 도로임
- 그러나 인천대로는 여전히 자동차 전용도로로서 도심을 동측과 서측으로 단절하고, 인근 지역에 소음, 공해 등 환경문제를 유발하고 있음
- 게다가 제한속도가 하향조정되고 단속류 구간이 생기는 등 일반도로화가 추진되면 남북축 교통용량이 줄고 교통혼잡을 가중할 것으로 예상됨

[그림 10] 인천대로와 인근 지역 모습

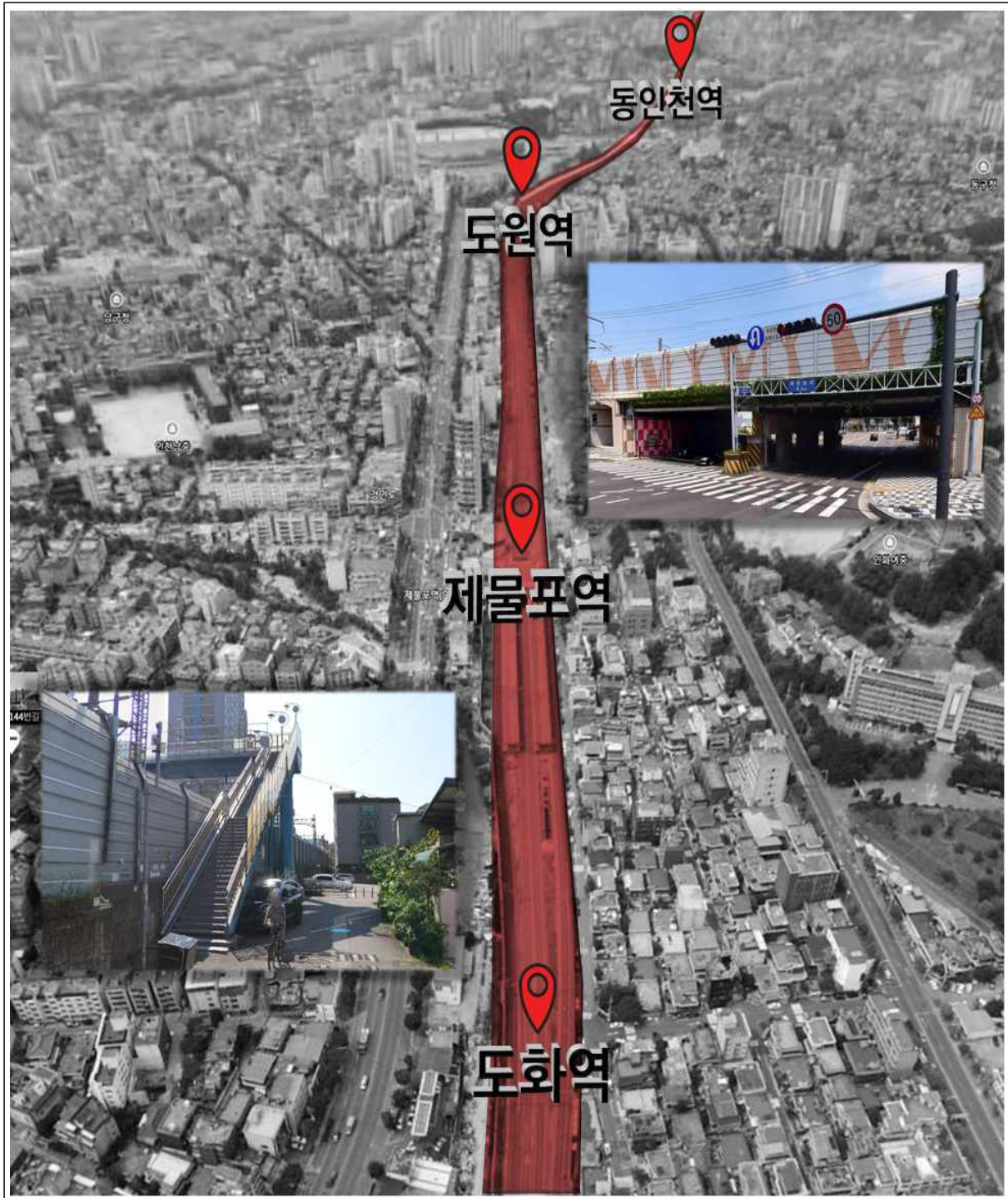


- 이에 인천대로(공단고가교-서인천IC 4.5km 구간) 지하화 사업이 논의되고 있음
 - 2021년 7월 '제4차 대도시권 교통혼잡도로 개선사업(2021-2025년)'에 반영된 후 2021년 11월 국토교통부 투자심의회위원회를 통과함
 - 향후 기획재정부 재정사업평가위원회 심의와 예비타당성 조사과정을 통과하면 국비 지원을 받을 수 있음
- 인천대로 지하화는 인근 지역 도시개발을 촉진하고, 남북축 이동성을 개선하는 효과가 있을 것으로 예상됨
 - 상부 공간의 옹벽과 방음벽을 철거하여 동측과 서측 지역을 연결하고, 녹지와 보행로, 대중교통(S-BRT) 중심의 공간으로 조성하여 낙후된 인근 지역의 도시개발 및 재생 촉진
 - 지하 공간에는 차량중심의 연속류 도로를 건설하여 남북축 이동성을 높이고, 향후 경인고속도로 지하화 구간과 서인천IC에서 연결되어 서울까지의 접근성 증진

◆ 경인철도 지하화

- 경인철도는 인천광역시 중구의 인천역과 서울특별시 구로구의 구로역을 연결하는 총 연장 27km, 정류장 21개인 철도 노선으로 대한민국 최초의 철도, 즉 가장 오래된 노선임
- 1974년부터 수도권 전철 1호선이 운행되고 있고, 2020년 기준 일평균 승하차량이 약 45만 명, 역당 일평균 이용객수는 22,535명 수준으로 인천-서울간 중요한 수송 역할을 하고 있는 대중교통 노선임
- 한편 경인철도는 인천-부천-서울 도심지역을 가로지르며 남, 북 지역을 단절하고 토지이용 변화 및 지역개발을 제한하고 있음. 또한 철도 인근 지역에서는 소음, 진동, 공해 등 환경 문제도 발생하고 있음
- 경인철도 지하화에 대한 논의가 지속적으로 제기되고 있으며 인천광역시에서는 「2030년 인천도시기본계획」 등에 경인철도의 도시부 지상 철도부지를 지하화하여 상부를 활용하자는 내용이 반영된 바 있음
 - 다만 사업성이 낮아 사업추진이 지연되고 있음. 2016년 경인선 지하화 기본구상 및 타당성 연구용역(도원역-구로역)에서 총사업비는 7조 원, 비용대비 편익비율은 0.53-0.69로 추정됨
- 경인철도 지하화는 남, 북으로 단절된 지역을 통합하고 원도심 공간구조 및 교통체계 개편을 촉진하여 인천광역시의 도시 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 예상됨

[그림 11] 경인철도와 인근 지역 모습



3 교통시설 지하화 사업 추진의 쟁점

- 교통시설 지하화 사업은 중장기적 관점의 사업 추진전략이 요구됨. 특히 교통시설 지하화 사업은 상당한 예산이 소요되므로 투입비용 대비 효과를 높일 수 있는 방안과 해당 사업을 통해 얻을 수 있는 사회·경제적 편익에 대한 면밀한 검토가 필요함
 - 이를 위해 교통시설 지하화에 대한 신규 편익 항목을 발굴하고 해당 편익 항목에 대한 평가 방법론을 구축해야 함
 - 기존 편익항목에 대해서는 편익추정 방법론이 학술적 보편성을 확보할 수 있도록, 또한 국내의 사회경제적 여건 변화를 제대로 반영할 수 있도록 평가체계를 개선해야 함
 - 관련 논의와 실증 연구를 축적하면서 이론적 신뢰도가 높은 신규 편익 평가체계에 대한 학계의 합의를 도출하고 관계부처와 지속적인 협의를 통해 정책적 수용성이 높은 편익 평가방안을 모색함으로써, 궁극적으로 예비타당성조사 평가체계에 반영되도록 추진해야 함
 - 교통시설 지하화 사업에 대한 연계사업을 구상하고 비용절감 방안을 검토하여 지하화 사업의 타당성을 높이는 전략을 모색해야 함

◆ 교통시설 지하화 사업의 사회적 가치 발굴

- 교통시설 지하화 사업은 비용 측면의 문제가 강조되며 사업 추진에 어려움이 있는 것이 사실이나 해당 사업을 통해 얻을 수 있는 사회적 가치에 관한 논의는 부족한 실정임
- 교통시설 지하화에 대한 새로운 사회적 가치와 평가 방식에 관해서는 유럽의 교통부문 외부비용 편람(Handbook on the external costs of transport)을 참고할 수 있음
 - 유럽 위원회(European Commission)와 유럽연합 국가들은 교통부문 외부비용(혹은 편익) 항목에 관한 연구를 꾸준히 진행하고 있으며 그 결과를 편람으로 발간하고 정기적으로 갱신하고 있음 (Maibach et al., 2008; Van Essen et al., 2011; Van Essen et al., 2019)
- 유럽의 교통부문 외부비용 편람을 참고하여 교통시설 지하화에 관련된 편익 항목을 정리하면 [표 2]와 같이 교통사고비용 저감 편익, 대기오염비용 저감 편익, 기후변화비용 저감 편익, 교통혼잡비용 저감 편익, 소음비용 저감 편익, 생태계 피해비용 저감 편익, 지역단절비용 저감 편익, 상부공간 활용 편익 등이 포함됨
 - 이 편익 항목들 중에서 생태계 피해비용 저감 편익, 지역단절비용 저감 편익, 상부공간 활용 편익은 국내 예비타당성조사의 편익 평가체계에 반영되고 있지 않은 편익항목임

- 신규 편익항목에 대한 이론적 신뢰성과 정책적 수용성을 만족할 수 있는 평가 방법론을 개발하여 궁극적으로 예비타당성조사 평가체계에 반영할 수 있는 전략적 방향을 모색해야 함

[표 2] 교통시설 지하화 관련 편익항목

편익항목		내용
교통사고	인적피해 비용	피해자의 신체적, 정신적 고통 및 효용 상실 비용
	의료 비용	완전히 회복될 때까지의 병원 치료 및 의약품 비용
	행정 비용	경찰, 소방서 등 서비스 이용 및 행정처리 비용
	생산손실 비용	근로시간 감소로 인한 생산손실 비용
	물적피해 비용	차량, 기반시설, 화물 등 개인재산 피해비용
대기오염	인적피해 비용	대기오염으로 인한 치료비용, 생산손실 비용 등
	작물손실 비용	대기오염으로 인한 농작물 피해비용
	시설물 피해 비용	건물의 오염 또는 부식 등 건물 피해비용
	생태계 훼손 비용	대기오염 물질로 인한 생태계 피해비용
기후변화	기후변화 영향 비용	해수면 상승, 생물 다양성 손실 등 기후변화와 관련된 비용
교통혼잡	차량운행 비용	혼잡으로 인한 차량운행 증가 비용
	시간가치 비용	혼잡으로 인한 통행시간 증가 비용
소음	성가심 비용	소음으로 인한 일상생활 방해 등 피해비용
	건강위해 비용	소음으로 인한 스트레스, 건강악화 및 사망률 증가에 따른 피해비용
생태계 피해	서식지 손실 비용	교통시설 건설로 인한 생물 서식지 손실 피해비용
	서식지 단절 비용	교통시설로 인한 생물 서식지 단절 피해비용
	서식지 질 저하 비용	대기오염 물질, 소음, 중금속 물질 배출 등으로 인한 생물 서식지 질 저해비용
지역단절		교통시설로 인한 공간 단절에 따른 피해비용
상부공간 활용		교통시설의 상부 공간 점유로 인한 공간활용(공원조성 등)의 기회비용

자료: Maibach et al. (2008), Van Essen et al. (2011), 장수은 외 (2021)

● 기존 편익항목의 평가체계 개선

- 교통시설 지하화에 따른 편익항목 중에서 실제 시장에서 거래되는 재화나 서비스가 아닌 경우 그 편익을 평가할 때 대리시장(surrogate market) 또는 가상시장(hypothetical market)의 가격으로 간접 추정함. 따라서 편익 추정이 어렵고 논란의 소지가 있음
- 그러나 편익 추정 방법론에 관한 논의가 꾸준히 이루어졌고, 보편적으로 통용될 수 있는 방법론에 대한 학계의 합의가 도출되고 있음(Bickel et al., 2006; Maibach et al., 2008; van Essen et al., 2011; Korzhenevych et al., 2014)
- 국내 교통사업 타당성조사의 편익 평가체계에서도 편익추정 방법론이 학술적 보편성을 확보할 수 있도록, 또한 국내의 사회경제적 여건 변화를 제대로 반영할 수 있도록 개선해야 함
 - 현재 국내의 소음비용 저감 편익의 평가 방법론은 이론적 정합성이 떨어지며, 대기오염과 기후변화 비용은 1990년대 국외 원단위를 환율과 물가지수로 환산하여 적용하고 있어 국내 여건에 부합하지 않는다는 비판이 제기되고 있음
- 특히 교통소음의 편익(또는 비용)은 피해비용 접근법 기반 평가체계로 개선해야 함
 - 국내에서는 타당성 조사를 비롯한 소음비용 평가에 소음 피해를 줄이기 위한 방음벽 설치비용 소음비용을 추산하는 완화비용 접근법이 적용됨. 이 방법론은 관련 정보가 부족하여 피해비용 접근법을 적용하기 어려운 경우에 유용할 수 있으나 후생경제학적 정합성이 떨어짐
 - 최근에는 소음의 영향과 이를 계량하는 방식에 관한 정보가 축적됨에 따라 소음에 의한 직접적 피해와 그에 따른 경제적 영향을 화폐가치로 평가하는 피해비용 접근법이 일반적으로 적용됨

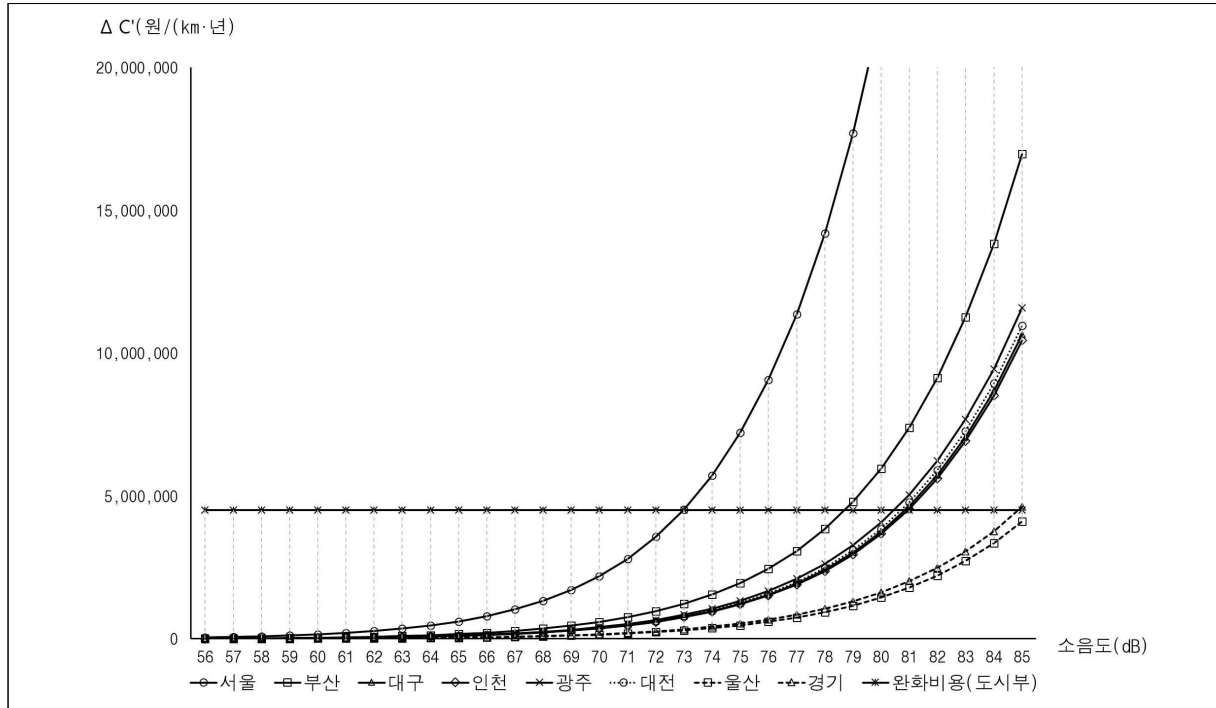
[표 3] 소음비용 저감 편익 평가방법론 비교

구분	추정방법	비고
피해비용 접근법	소음이 인간에 미치는 피해를 화폐가치로 환산하여 추정	국제 표준방식
완화비용 접근법 (회피비용 접근법)	소음 피해를 일정 목표 수준으로 회피 또는 완화하기 위한 대체비용으로 추산	국내 대표방식 (해외에서는 인구밀도가 낮고 피해 인구가 적은 비시가지에 국한하여 적용)

- [그림 12]는 도시부에서 철도 소음도 1dB 감소시 발생하는 소음비용 저감 편익을 피해비용 접근법(곡선) 과 완화비용 접근법(직선)으로 산출한 결과를 비교한 것으로, 두 가지 측면에서 피해비용 접근법이 우수한 것을 보여줌. 첫째, 완화비용 접근법은 소음수준이 55dB에서든 85dB에서든 1dB 저감에 따른 편익이 동일한 반면 피해비용 접근법은 기준 소음도가 높을수록 소음비용 저감 편익이 한계체증

하는 합리적인 결과가 도출됨. 둘째, 완화비용 접근법은 인구밀도(지역)와 관계없이 단일 값인 반면 피해비용 접근법은 인구밀도가 높은 지역일수록 1dB 저감에 따른 편익이 크게 나타나 직관에 부합함

[그림 12] 철도 소음도 1dB 감소시 도시부 소음비용 저감 편익($\Delta C'$)



자료: 정동재·장수은(2017)

주: 곡선은 피해비용접근법 기반, 직선은 완화비용접근법 기반의 소음편익임

※ 경인고속도로 지하화 사업의 신규 편익 추정 사례

☞ 경인고속도로 지하화 사업에 대한 신규 편익과 피해비용 접근법 기반의 소음비용 저감 편익은 총 8,792억 원 가량으로 추정된 바 있음(장수은 외, 2021)

〈경인고속도로 지하화 사업의 신규 편익〉

편익 항목	총 편익 (억 원)
소음피해비용 저감 편익	7,915.1
서식지 피해비용 저감 편익	220.6
지역단절비용 저감 편익	588.8
상부공간 활용 편익	67.2
합계	8,791.7

자료: 장수은 외(2021)

- 주: (1) 사회적 할인율은 4.5%를 적용하고, 평가기간은 상부공간 활용 편익의 경우 5년, 이외 편익은 30년으로 적용하였음
- (2) 소음피해 저감 편익은 정동재·장수은(2017)의 피해비용 접근법으로 평가하였음
- (3) 서식지 피해비용 저감 편익은 서식지 손실 및 단절 비용만 포함함

● 연계사업 구상 및 비용절감 방안 검토

- 교통시설 지하화 사업에 대한 연계사업을 구상하고 비용절감 방안을 검토하여 지하화 사업의 타당성을 높일 수 있음
- 경제적 측면의 사업 타당성 뿐만 아니라 지역균형발전 및 지역경제 파급효과 측면의 사업 타당성을 높일 수 있는 사업대상지 주변의 개발계획 또는 기존 지상부의 토지이용 변경 계획 등의 연계사업을 마련해야 함
 - 예컨대 경인고속도로 지하화 사업은 주변의 부평산업단지 및 노후공업지역 재생사업과 연계하는 방안, 또는 지하화 구간을 남청라IC까지 연장해 제3연육교와 직결함으로써 인천공항-제3연육교-경인고속도로 지하화 구간-신월여의지하차도-여의도에 이르는 간선축의 이동성을 강화하는 방안을 검토해볼 수 있음
 - 교통시설 지하화 사업의 타당성 분석시 주변 지역에 대한 개발계획이 충분히 반영될 수 있도록 체계적이고 구체적인 개발계획 수립이 필요함
 - 교통시설 지하화 구간의 진, 출입로가 생길 것으로 예상되는 인근 지역의 교통망을 사전에 단계적으로 정비하여 교통시설 지하화 사업 추진시 그 사업의 효과를 극대화할 수 있음
- 교통시설 지하화 사업의 노선계획, 설계기준 등 기술검토를 통해서 사업비 절감 방안을 모색함으로써 사업 추진의 실현가능성을 높일 수 있음
 - 예를 들어 경인철도 지하화 사업의 경우 철도역사는 상부에 존치하고 선로만 지하화하는 방안, GTX-B 노선과 겹치는 구간을 활용하는 방안, 복복선 대신 대피선을 포함하는 복선으로 설계하는 방안 등을 종합적으로 검토해 볼 수 있음

▶ 참고문헌

[논문 및 보고서]

- 장수은, 엄기종, 김선화(2021), 도로 지하화 신규 편익 항목 개발 연구.
- 정동재, 장수은(2017), 피해비용 접근법을 바탕으로 한 소음비용 추정 연구, 대한교통학회지 35(4), 292-306.
- Andy Ryan, in McNichol, Dan, The Big Dig, New York: Silver Lining, 2000, p.15.
- Bickel, P., Friedrich, R., Burgess, A., Fagiani, P., Hunt, A., De Jong, G., et al. (2006), Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO). Deliverable D5: Proposal for Harmonised Guidelines, IER, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany.
- Korzhenevych, A., Dehnen, N., Bröcker, J., Holtkamp, M., Meier, H., Gibson, G., et al. (2014), Update of the Handbook on External Costs of Transport, European Commission DG Mobility and Transport, Brussels, Belgium.
- Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D., van Essen, H., Boon, B., Smokers, R., Schroten, A., Pawlowska, B., and Bak, M. (2008), Handbook on estimation of external costs in the transport sector: Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), CE Delft, Delft, Netherlands.
- Van Essen H., Schroten A., Otten M., Sutter D., Schreyer C., Zandonella R., et al. (2011), External Costs of Transport in Europe: Update Study for 2008, CE Delft, Delft, Netherlands.
- Van Essen, H., van Wijngaarden, L., Schroten, A., Sutter, D., Bieler, C., Maffii, S., ... & El Beyrouty, K. (2019). Handbook on the external costs of transport, version 2019, Delft, CE Delft.
- Vinci Autoroutes 2021, GUIDE DUPLEX A86 (RUEIL-VAUCRESSON-VÉLIZY).

[보도자료 및 웹사이트]

- 서울특별시 보도자료(2019.12.16.), 서울시, '동부간선도로 지하화' 본격화... '26년 개통 예정.
- 서울특별시 보도자료(2019.12.26.), 서울시, '동부간선도로 지하화' 민자사업 본격 추진.
- 서울의 공원 홈페이지, <https://parks.seoul.go.kr>
- 서울특별시 홈페이지(내손안에 서울), <https://mediahub.seoul.go.kr>
- Burgos & Garrido Arquitectos, www.burgos-garrido.com

발행처 인천연구원 **발행인** 이용식

주소 인천광역시 서구 심곡로 98 **전화** 032.260.2600 www.ii.re.kr

- 출처를 밝히지 않고 이슈브리프를 무단전재 또는 복제하는 것을 금합니다.
- 본 이슈브리프의 내용은 연구책임자의 개인적 의견이며, 연구원의 공식적인 의견이 아님을 밝힙니다.