



WP 23-09

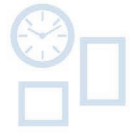
지하도로 건설에 따른 도시 부문별 효과 분석 방안

김민준 국토연구원 부연구위원 (min2412@krihs.re.kr)

김혜란 국토연구원 연구위원 (hyeran@krihs.re.kr)

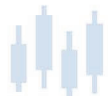


※ 이 Working Paper의 내용은 국토연구원의 공식 견해가 아니며, 저자 개인의 의견입니다. 연구 내용에 대하여 궁금한 점은 저자의 이메일로 문의하여 주시고, 인용 시에는 저자 및 출처를 반드시 밝혀주시기 바랍니다.



차례

01 서론	05
02 지하도로의 개념 및 유형	07
03 국내외 지하도로 사업 추진 현황	09
04 지하도로의 도시 부문별 효과 분석 방안	21
05 결론 및 정책제언	31

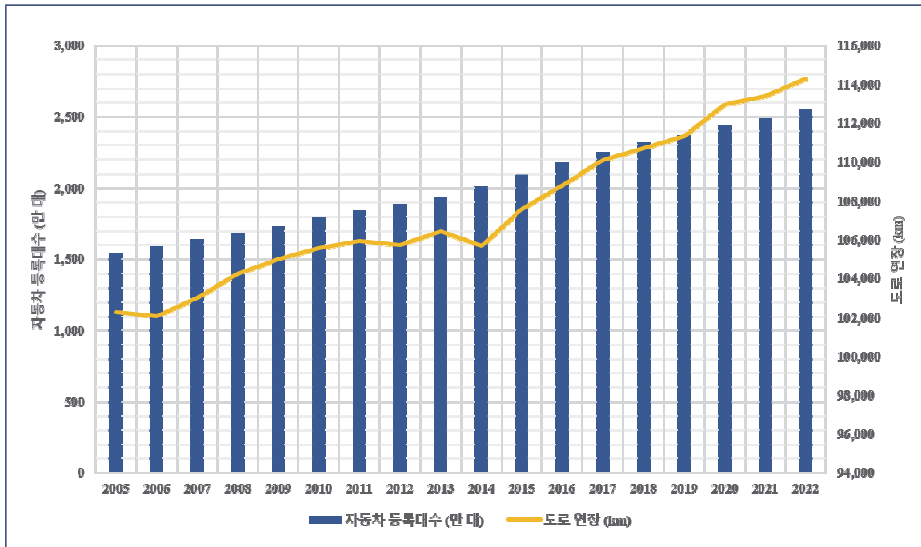


01 서론

■ 지난 수십 년 동안 전 세계적인 도시화와 교외화 현상으로 인해 도시의 자동차 수요는 꾸준히 증가하는 추세임

- 자동차 수요 증가에 따른 교통 혼잡은 통행 비용 증가, 생산성 감소, 환경 오염 등의 문제를 야기하며, 이는 도시의 전반적인 지속가능성을 저해하는 요인으로 작용함
- 각국 정부에서는 도로의 신설과 확장 등을 통해 증가하는 교통 수요에 대응하고 있지만, 도시 내 토지가격 상승, 교통시설 포화 등으로 인해 도로의 수평적 확장은 점차 한계에 다다르고 있음

그림 1 국내 자동차 등록 대수 및 도로 연장 변화 추이(2005~2022년)



자료: 국토교통부 「도로현황조사」를 바탕으로 저자 작성.

■ 최근 국내외 주요 도시에서는 지하공간을 교통시설로 활용하고자 하는 시도가 활발히 진행되고 있으며, 지하도로 사업은 가장 대표적인 사례 중 하나임

- 지하도로는 지상도로의 교통량을 분산시키고, 나아가 확보된 상부 공간을 녹지 등으로 활용할 수 있다는 점에서 지속가능한 대안으로 떠오르고 있음¹⁾
 - 해외의 경우, 2000년대 초반부터 대도시권(미국 보스턴, 프랑스 파리, 스페인 마드리드 등)을 중심으로 지하도로 건설이 활발히 추진·운영되고 있음
 - 국내의 경우, ‘제2차 고속도로 건설계획(2021~2025년)’을 통해 수도권 상습 정체 도로 3구간을 지하화하는 계획을 발표하였으며, 지하도로 민간투자사업(서부간선지하도로, 신월여의지하도로 등) 또한 지속적으로 추진되고 있음
- 현재까지의 지하도로 사업은 건설 규모나 공법 등 주로 기술적 측면에 치중하고 있어, 지하도로가 도시 전반에 가져올 실질적인 효과 및 분석 방안에 대해서는 충분히 논의되고 있지 않음²⁾
- 지하도로는 차량의 통행이 지하화되고, 상부 공간을 활용할 수 있다는 점에서 지상도로와는 차별화된 특성을 가짐
 - 현행 도로 편익 산정 체계는 지상도로의 신설 및 확장에만 국한되어 있어 지하도로 사업에 적용하기에는 한계가 있음
 - 향후 지하도로 사업의 체계적이고 지속적인 추진을 위해서는 지하도로 건설의 효과 및 타당성 확보를 위한 제도적 기반 마련이 필요함
- 본 연구에서는 국내외 사례 및 문헌 조사를 바탕으로 지하도로 건설이 도시에 가져올 부문별 효과를 정립하고, 나아가 주요 항목별 효과 분석 및 정량화 방안을 제시하고자 함
- 지하도로의 개념, 유형 및 국내외 추진 현황 검토를 통한 지하도로의 주요 도시 부문별(교통, 환경, 도시 등) 효과 항목 도출
 - 선행연구 검토를 통한 지하도로 건설에 따른 주요 도시 부문별 효과 항목의 정량화 방안 제시
 - 향후 지하도로 편익 산정 및 타당성 검토를 위한 정책적 개선 방안 마련

1) Cui and Nelson. 2019. Underground Transport: An overview.

2) 장수은 외. 2021. 도로 지하화 사업의 신규 편익 발굴.

02 지하도로의 개념 및 유형

1) 지하도로 정의

■ 지하도로는 ‘도로 등의 지하에 보행인 및 차량 통행을 위하여 설치된 시설물’로서, 도시 내 주요 지역 및 도시 상호 간 교통의 원활한 소통을 위해 지하에 설치하는 도로를 뜻함

- 유사 용어인 지하차도, 지하도, 터널과는 개념적인 차이가 있음

표 1 지하도로 유사 용어 간 비교

구분	정의	법적 근거	통행 수단	통행 외 활용
지하도로	도로 등의 지하에 보행인 및 차량 통행을 위하여 설치된 시설물	국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령	자동차, 보행, 자전거 등	X
지하차도	다른 도로, 혹은 철도나 공원, 하천 등의 시설물이나 지형을 지하로 통과하는 도로시설물	도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙	자동차 전용	X
지하도	주된 도로구간이 설정되지 않은 지하에 설치된 도로 및 통로	주소정보기본도 작성·관리 규정	자동차, 보행, 자전거 등	O (지하상가)
터널	도로의 일부로서 자동차의 통행을 위해 지붕이 있는 구조물	도로터널의 화재안전성능기준	자동차, 보행, 자전거 등	X

자료: 저자 작성.

2) 지하도로 유형

■ 지하도로는 ‘도로 시설의 공급’ 측면과 ‘도로 공간의 활용’ 측면을 복합적으로 고려했을 때 크게 5가지 유형으로 구분할 수 있음

- **[입체적 확장]** 기존 간선도로가 포화상태에 도달한 경우 또는 주변 지역의 개발이 상당히 진행되어 평면적 확장을 통한 용량 증대가 어려울 때 지상부 도로를 유지하고 지하부 도로를 신설하는 사업 유형
 - 예) 경부고속도로(양재~한남)

- [지하도로 신설]** 지상부가 주거, 상업 등 간선도로가 아닌 타 용도 시설로 이용되고 있는 구간에 도심도로 도심부 혼잡구간을 우회하여 도심에 직접 접근할 수 있는 간선도로를 신설하는 사업 유형

- 예) Big Dig(미국 보스턴), A7(독일 함부르크)
- [기존 도로 지하화]** 기존 도로용지의 하부에 지하도로를 신설하고, 지상부 도로는 공원, 광장, 문화시설, 대중교통 시설(트램, BRT 등)로 전용하여 도심부를 재생하는 사업 유형

- 예) 경인고속도로
- [화물/자율주행 전용도로]** 자율주행 근접 주행이 가능한 첨단 기술을 적용하여 비자율주행 차량과의 간섭을 최소화하고, 안전성과 효율성을 획기적으로 개선할 수 있는 사업 유형

- 예) CST(스위스)
- [해저터널]** 기상 여건에 따른 이동객 고립이 발생하나 내륙으로의 도로 접근시설이 없어 항공 또는 해운에 의해서만 접근 가능한 도서 지역에서 추진할 수 있는 사업 유형

- 예) Øresund(덴마크-스웨덴), Ryfylke(노르웨이)

표 2 지하도로 유형별 특성

유형	목적	지역 여건	효과	사업 예시
입체적 확장	용량 부족 해결	기존 고속도로 (간선도로 존재)	간선도로 기능 강화	
지하도로 신설	통행 분리	상부에 기개발지가 있으나 간선도로망은 없는 상태	교통 상층 최소화	
기존 도로 지하화	용량 부족, 사회적 요구 해결	기존 고속도로(간선도로) 존재하나 도시발전을 저해하는 지역	주거환경 개선	
화물/자율주행 전용도로	통행 분리	화물/자율주행 차량 통행이 많은 지역	물류비 절감	
해저터널	용량 부족 해결	기상악화에 따른 운행 중단 피해가 극심한 지역	내륙 접근성 향상	

자료: 저자 작성.

03 국내외 지하도로 사업 추진 현황

1) 해외 지하도로 사업 추진 현황

■ 미국, 프랑스, 일본, 호주 등 주요 선진국에서는 2000년대 초반부터 지하도로 건설을 활발히 추진 및 운영하고 있음

- 사업의 규모(연장, 차로 수, 최대심도 등)는 유형별로 상이하며, 상부 공간 활용에 따라 그 효과 또한 다양하게 나타남

표 3 해외 지하도로 추진 현황

사업명	국가(도시)	사업비 (조원)	연장 (km)	차로 수 (왕복)	최대심도 (m)	개통 연도
A86	프랑스(파리)	3.1	10	4	90	2011년
M30	스페인(마드리드)	5.5	10.3	6~8	75	2007년
Södra Länken	스웨덴(스톡홀름)	1	4.5	4	80	2004년
Förbifart Stockholm	스웨덴(스톡홀름)	5.1	18	6	100	2030년 (예정)
A7	독일(함부르크)	0.8	3.5	6~10	-	2028년 (예정)
Big Dig	미국(보스턴)	17	12	8~10	36.5	2006년
SR99	미국(시애틀)	4.2	2.7	4	61	2019년
Yamate Tunnel	일본(도쿄)	15.5	18.2	4	55	2015년
SMART Tunnel	말레이시아 (쿠알라룸푸르)	0.6	4	4	20	2007년
KPE Singapore	싱가포르	1.6	8.5	4~6	15	2008년
WestConnex	호주(시드니)	14.5	19	4~8	70	2023년

자료: 저자 작성.

■ A86(프랑스 파리)

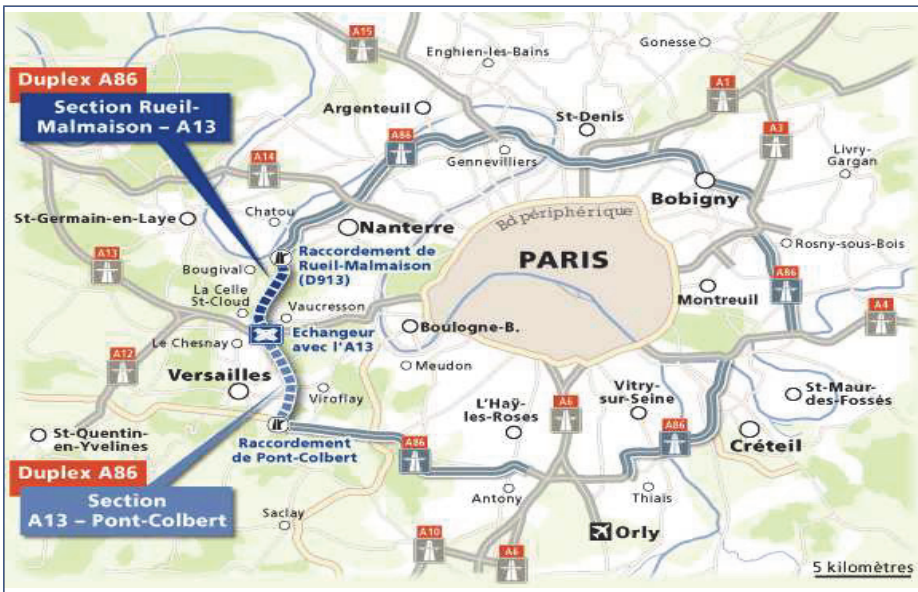
• 사업 개요

- 프랑스 정부에서는 1978년 개통한 파리 순환로(périphérique)의 교통 정체가 심해지자 제2순환로인 A86 고속도로 건설계획 추진
- 파리 외곽에 위치한 말메종(Malmaison)에서 베르사유(Versailles) 남부지역을 잇는 지하고속도로로, 최초 구상 시에는 지상으로 계획하였으나 환경훼손, 지역주민 반대 등으로 인해 터널 방식의 지하도로로 변경함
- A86 고속도로는 지상의 녹지공간을 확보하고 파리 교외와의 교통망을 확충하여 교통 체증을 해소하고자 하는 데 목적이 있음

• 사업 효과

- A86 지하고속도로 개통 이후, 말메종(Malmaison)에서 베르사유(Versailles)까지의 소요 시간은 45분에서 10분으로 감소하는 효과가 있는 것으로 나타남³⁾

그림 2 프랑스 파리 A86 노선도



자료: <https://www.largus.fr/forum-auto/actus-auto/l-autoroute-a86-voit-le-bout-du-tunnel> (accessed August 12, 2023).

3) Broere. 2016. Urban underground space: Solving the problems of today's cities.

■ M30(스페인 마드리드)

• 사업 개요

- 스페인 정부에서는 도로재건 사업의 주요 프로젝트 중 하나로 M30 내부순환도로를 지하화하는 사업 추진
- 마드리드에는 M10부터 M50까지 5개의 환상도로(ring road)가 운영 중이며, 그중 M30 도로가 노후도와 교통 체증이 가장 심각한 구간임
- M30 사업은 도로의 교통 용량 증대, 만자나레스(Manzanares)강과 주변 지역 환경복원을 주목적으로 하며, 기존 지상도로를 공원, 자전거도로 등으로 활용하고자 하였음
- 4개의 지역(동, 서, 남, 북)의 총 15개 개별 프로젝트로 분리하여 진행되었으며, 총 3년(32개월)의 공사 기간을 거쳐 개통되었음

• 사업 효과

- M30 지하고속도로 개통 이후 일 평균 약 80톤의 온실가스가 대기 중으로 배출되지 않고, 교통 체증 또한 감소한 것으로 나타남⁴⁾
- 사업 이후 상부 공간은 보행 전용교인 '아르간수엘라도교'를 비롯한 보행 친화 공간으로 조성하여 도시 간 단절을 완화하였음

■ Södra Länken(스웨덴 스톡홀름)

• 사업 개요

- 스톡홀름의 'RING ROAD' 프로젝트 계획 중 남부지역을 연결하는 지하고속도로 프로젝트 추진
- 연장 5.5km의 트윈 튜브 터널(Twin Tube Tunnel)로 1998년에 착공하여 2003년에 완공됨
- 단면은 편도 2차로로 구성되어 있으며, 현재 하루 약 6만 대의 자동차가 이용 중임

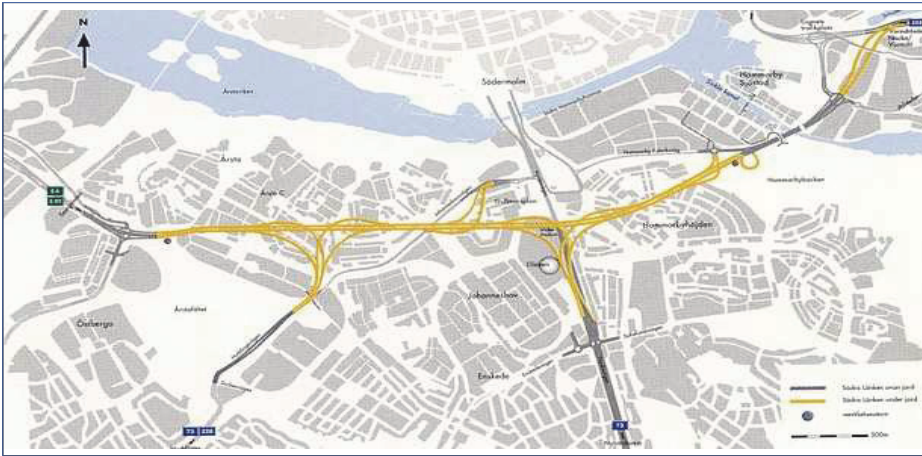
• 사업 효과

- 지하고속도로 사업 이후 교통 정체 해소 외에도 도시 간 단절 해소 및 생태계 복원에도 기여한 것으로 평가받고 있음⁵⁾

4) Perez-Prada and Monzon. 2017. Ex-post environmental and traffic assessment of a speed reduction strategies in Madrid's inner ring-road.

5) <https://www.archdaily.com/24252/sodra-lanken-rotstein-arkitekter> (accessed August 12, 2023).

그림 3 스웨덴 스톡홀름 Södra Länken 노선도



자료: https://en.wikipedia.org/wiki/S%C3%B6dra_L%C3%A4nken (accessed August 12, 2023).

■ Big Dig(미국 보스턴)

• 사업 개요

- 보스턴 외곽과 도심 간 약 26km를 연결하는 기존 6차로 고속도로를 8~10차로 고속도로로 지하화한 대규모 프로젝트 추진
- 보스턴 시내의 흉물이었던 고가고속도로 Central Artery(I-93)의 정체 문제를 해소하고, 도로 지하화를 통해 45개 이상의 공원과 광장을 조성하는 것을 목표로 하였음

• 사업 효과

- 고속도로 개통 이후 차량 평균 통행시간이 약 62%가량 감소하여 연간 2,000억 원 이상의 혼잡 비용을 줄일 수 있는 것으로 나타남⁶⁾
- 또한, 상부 공간에 45개의 공원과 광장을 조성하고 26,000그루 이상의 나무를 심어 사업 이전 일산화탄소 배출량의 12%가량이 감소하였음

■ SR99(미국 시애틀)

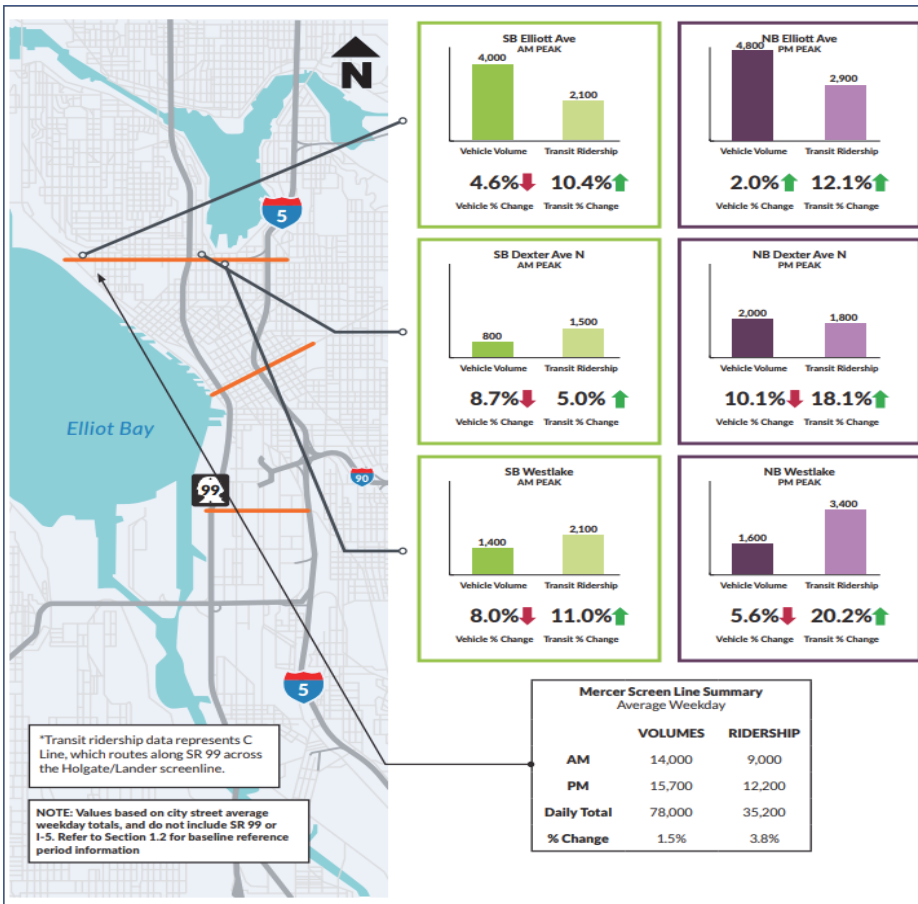
• 사업 개요

- 시애틀의 노후화되고 손상된 ‘Alaskan Way’ 고가도로를 철거하고 지하도로를 건설하기 위한 프로젝트 추진
- 2001년 Nisqually 지진(규모 6.8)으로 인해 Alaskan Way에 경미한 손상이 발생하여 이를 철거하고 친수구간을 조성하는 데 목적이 있음

6) Alrawi. 2018. Measuring the relative improvidence of applying engineering solutions to urban traffic intersections: a planning perspective.

- 초기에는 지상도로로 검토되었으나, 주민들이 대심도 터널 형태의 지하고속도로를 대안으로 포함시킬 것을 요청하여 이를 수용함
- 2011년 착공하여 2019년 2월 완공되었으며, 건설 과정에서 보스턴 Big Dig의 사례를 참고하여 주지사를 프로젝트 책임자로 지정하는 등 발생 가능 문제 최소화를 위해 노력하였음
- **사업 효과**
 - 사업 이후 지하고속도로를 이용하는 차량의 비율은 감소하고, 인근 대중교통 이용량은 증가하였는데 이는 통행 요금 증가로 인한 수단 선택의 변화를 반영하고 있음⁷⁾
 - 지하고속도로 진입로 주변의 보행로와 자전거도로 건설을 통해 도심에서 수변공간으로의 연결성을 확보하고자 하였음

그림 4 미국 시애틀 SR99 개통 이후 교통량 변화



자료: Seattle Department of Transportation(SDOT).

7) Switzer. 2019. What's happened to traffic since SR 99 tunnel tolling started.

■ KPE(싱가포르)

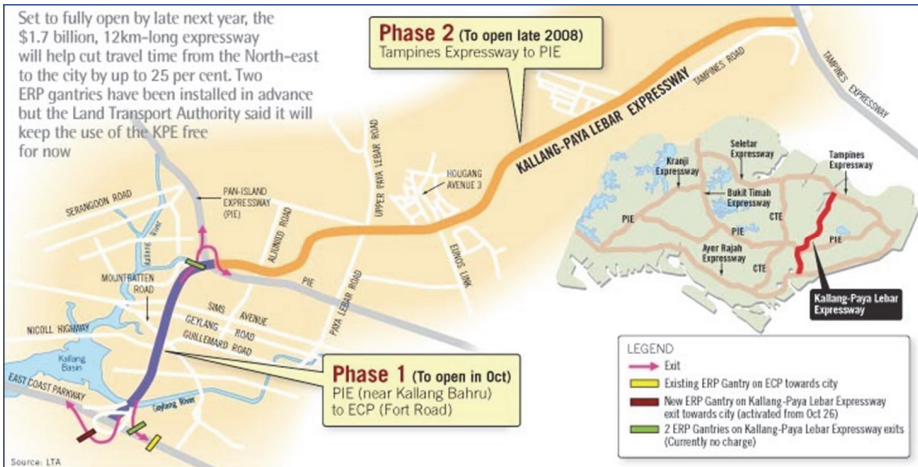
• 사업 개요

- 싱가포르 내 출퇴근 시간 상승 정체 도로인 CTE(Central Expressway)의 교통 체증 완화를 위한 지하고속도로 건설 프로젝트 추진
- 싱가포르 Kallang Paya Lebar 지역과 Tampines 지역을 잇는 연장 12km 고속도로 중 8.5km 구간을 지하 터널로 건설하고자 하였음
- 총사업비는 약 1.6조 원이며, 2001년에 착공하여 2008년에 완공하였음

• 사업 효과

- KPE 사업 이후 싱가포르 북동 지역과 도심 간 통행시간이 25%가량 단축되었고, 도로 내 교통사고가 유의미하게 감소하였음⁸⁾
- 상부 공간은 녹지 및 수변공간으로 조성하여 시민들의 삶의 질 향상에 기여하였음

그림 5 싱가포르 KPE 노선도



자료: Land Transport Authority(LTA).

■ WestConnex(호주 시드니)

• 사업 개요

- 시드니 서부와 남서부 지역, 그리고 공항을 잇는 지하고속도로 프로젝트 추진
- 2014년 착공 이후 2023년 현재까지 진행 중이며, 약 14.5조 원의 예산이 투입된 호주 역사상 가장 규모가 큰 교통 인프라 사업 중 하나임

8) Yeung and Wong. 2014. The effect of road tunnel environment on car following behaviour.

- WestConnex 프로젝트는 크게 파라마타(Paramatta)부터 하버필드(Haberfield)까지 연결하는 M4 구간과 베버리힐스(Beverly Hills)와 세인트피터스(St Peters)를 잇는 M5 구간, M4와 M5를 이어주는 링크 구간으로 각각 구성됨
- 프로젝트의 주요 목표는 시드니 서부 지역 내 주요 거점 간 연결을 통한 도시 경제 성장, 도시지역 내 이동 속도, 신뢰성 및 안전성 향상, 도로 인근 도시재생을 통한 거주 및 교통 환경 개선 등이 있음

• 사업 효과

- 프로젝트가 완성되면 도로 구간별 통행시간이 10~30분가량 단축될 것으로 예측하며, 도시의 대기질은 10~15%가량 개선될 것으로 예측하였음⁹⁾

표 4 호주 시드니 WestConnex 프로젝트의 부문별 경제 효과

항목		측정 방법	경제 효과 (추정치, %M)
교통 부문	통행시간 절감	도로 교통량 모형 (WestConnex Road Traffic Model) + 교통 비용 산정 가이드라인 (Transport for NSW guidelines)	12,902.9
	운영 비용 절감		6,181.8
	통행시간 신뢰성 증가		1,465.2
	사고 비용 감소		11.3
환경 부문	온실가스 저감	교통 비용 산정 가이드라인 (Austroads guidelines)	831.9
	환경적 외부효과		63.1
도시 부문	집적 효과	접근성 증가로 인한 경제 활성화 효과	1,681.5
	고용 효과	고용 증가에 따른 세수 효과	452.7

자료: Public Accountability Committee(2018)를 바탕으로 저자 작성.

2) 국내 지하도로 사업 추진 현황

- 현재 국내에서 추진 또는 계획 중인 지하도로 사업은 대도시권과 인근 주요 거점들을 잇는 구간에 집중되어 있음
 - 국토교통부는 2022년 「제2차 고속도로 건설계획(2021~2025)」을 통해 경부고속도로(서울 한남~화성 동탄), 수도권제1순환고속도로(경기 퇴계원~성남 판교), 경인고속도로(인천 남청라~서울 신월) 등을 지하화하는 방안을 발표함
 - 서울시는 ‘U-Smartway’ 사업의 일환으로 서부간선지하도로(성산대교~금천), 신월여의지하도로(신월~여의나루)를 2021년 완공하여 운영 중이며, 타 도시에서도 향후 혼잡지역을 중심으로 지하도로를 추가로 건설할 계획임

9) Public Accountability Committee. 2018. The impact of the WestConnex Project.

표 5 국내 지하도로 추진 현황

사업 주체	도로명	구간	연장 (km)	차로 수 (왕복)	사업비 (억 원)	개통 연도
국토교통부	경부고속도로	양재~기흥	26.1	6	32,051	2030년 (예정)
	경인고속도로	청라~신월	19.3	4~6	20,041	2032년 (예정)
	수도권제1순환고속도로	퇴계원~판교	31.5	4~6	40,486	2034년 (예정)
서울특별시	서부간선지하도로	성산대교~금천	10.3	4	7,619	2021년
	신월여의지하도로	신월~여의나루	7.5	4	4,456	
	경부고속도로	한남~양재	6.8	12	12,000	2026년 (예정)
	강변북로	가양대교~영동대교	17.4	6	10,000	
인천광역시	인천대로	공단고가교~서인천	4.5	4	5,041	2027년 (예정)
부산광역시	동서고가도로	만덕~센텀시티	9.6	4	7,832	2026년 (예정)

자료: 국토교통부 「제2차 고속도로 건설계획(2021~2025)」을 기반으로 저자 작성.

■ 경부고속도로(양재~동탄, 한남~양재)

• 사업 개요

- 정부는 더 이상 수평적 확장이 어려운 경부고속도로 일부 구간의 교통 체증을 해소하기 위해 지하화 추진
- 전체 428km 구간 중 한남IC~양재IC 간 6.8km 구간과 양재IC~기흥IC 간 26.1km 구간에 4~6차로 규모의 지하고속도로를 건설하고자 함
- 서울시는 한남IC~양재IC 구간의 상부 공간에 선형 녹지인 '서울 리니어 파크'를 조성할 계획임
- 사업 추진을 위해 국토교통부는 서울특별시, 경기도, 한국도로공사와 업무협약을 체결 하여 2027년 하반기에 착공 예정임

• 사업 효과

- 사업 추진 이후 교통 정체 해소뿐만 아니라 수도권 동서지역 간 단절 해소 및 녹지화를 통해 도시공간 재편 효과가 있을 것으로 기대됨¹⁰⁾
- 또한, 지하고속도로 상부 공간 개발을 통해 다수의 생산 및 고용 유발 효과를 가져올 수 있을 것으로 전망됨

10) <https://www.news1.kr/articles/?2888489> (2023년 8월 12일 검색).

■ 경인고속도로(청라~신월)

• 사업 개요

- 정부는 약 1,500만 명의 생활권인 서울~부천~인천 간 도로교통 수요에 대응하기 위해 경인지하고속도로를 건설하는 계획 수립
- 경인고속도로는 1990년대 중반 이후 이미 통행량이 수용량을 넘어 고속도로로서 기능을 상실할 정도로 교통 체증이 심각함
- 경인고속도로 지하화 사업은 남청라IC부터 신월IC까지 총 19.3km 구간에 4~6차로로 추진되며, 총사업비는 2조가량으로 추산됨

• 사업 효과

- 지하고속도로 사업이 완료되면 평균 통행 속도는 시속 90km 수준으로 개선될 것으로 전망됨
- 또한, 사업 이후 주변 도로의 교통 혼잡이 크게 완화되어 연간 330억 원의 편익이 발생할 것으로 추정됨¹¹⁾

■ 수도권제1순환고속도로(퇴계원~판교)

• 사업 개요

- 정부는 제1순환고속도로의 상습 정체를 해소하기 위해 병목 구간을 지하화하는 계획을 발표
- 지하화 추진 구간은 하루 평균 약 28만 대의 차량이 통행하는 제1순환고속도로의 동부 지역(판교~퇴계원) 31.5km 구간이며, 총사업비는 4조 486억 원가량으로 추산됨
- 사업의 목적은 향후 3기 신도시(하남 교산, 남양주 왕숙 등) 건설로 인해 증가할 교통 수요에 대응하고, 지상 구간의 간선급행버스체계(BRT) 도입 등을 통해 교통 흐름을 원활히 하는 데 있음

• 사업 효과

- 사업 추진 이후, 상부 공간에는 버스전용차로를 확대해 고속도로의 대중교통 서비스 지원 기능이 강화될 것으로 기대됨¹²⁾

11) 김상기 외. 2017. 경인고속도로 일반화 사업 타당성 조사.

12) <https://www.yna.co.kr/view/AKR20220128122200003> (2023년 8월 16일 검색).

그림 6 제2차 고속도로 건설계획 내 지하화 구간



자료: <https://www.yna.co.kr/view/AKR20220128122200003> (2023년 8월 16일 검색).

■ 서부간선지하도로(성산대교~금천)

• 사업 개요

- 서울시는 서부간선도로의 상습 정체 문제, 인근 지역의 소음, 미세먼지 등 환경문제, 이면도로의 우범지대화 등의 문제를 해소하기 위해 복층화 계획을 추진
- 사업 구간은 성산대교 남단에서 금천IC까지 10.33km이며, 2016년 착공하여 2021년 완공 후 개통되었음

• 사업 효과

- 약 5만 대가량의 교통량을 분산시켜 출퇴근 시간 통행을 20분가량 단축할 것으로 기대되었으며, 사업 이후 대부분 구간에서 실제 통행 속도가 의미있게 증가한 것으로 나타남
- 기존 도로는 일부 구간을 일부 도로화하여 공간을 확보하고, 이를 친환경 공간 및 보행로로 조성하여 보행자 중심의 도로 네트워크를 구현하고자 함¹³⁾

13) <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/2002596> (2023년 8월 16일 검색).

그림 7 서부간선지하도로 노선도



자료: 서울터널주식회사. <https://seoutunnel.co.kr/usage/route.do> (2023년 8월 12일 검색).

■ 신월여의지하도로(신월~여의나루)

- **사업 개요**
 - 서울시에서는 서울 서남권과 여의도 간 차량 통행량을 분산하기 위해 수익형 민간투자 사업(BTO) 추진
 - 사업 구간은 신월IC에서 여의나루IC까지 7.5km 구간이며, 기존 국회대로 하부 50~70m에 왕복 4차로로 계획됨
 - 사업은 2015년 착공하여 2021년 개통되었고, 사업비는 약 4,456억 원가량이 소요됨
- **사업 효과**
 - 신월여의지하도로 개통 후 출퇴근 시간 이외의 신월IC에서 여의도까지의 소요 시간이 기존 32분에서 8분으로 단축됨¹⁴⁾
 - 상부 공간에는 약 11만^m²의 친환경 선형공원과 생활도로를 조성하여 시민들의 삶의 질을 향상할 수 있을 것으로 기대됨

14) <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/2001309> (2023년 8월 16일 검색).

그림 8 신월여의지하도로 노선도



자료: 서울터널주식회사. <https://seoutunnel.co.kr/usage/route.do> (2023년 8월 12일 검색).

3) 시사점

- 국내외 사례 검토 결과, 지하도로 건설은 도시 전반에 직·간접적인 개선 효과를 가져올 수 있는 것으로 나타남
 - **[직접 효과]** 지상도로의 교통량 분산, 대중교통 활성화 등을 통한 교통 정체 해소 효과, 도로 환경 개선 및 직선화를 통한 교통사고 저감 효과 등
 - **[간접 효과]** 차량 통행 지하화를 통한 대기오염 및 소음 저감 효과, 상부 공간 활용에 따른 도시 미관 개선 및 단절 완화 효과 등
 - 지하도로 건설에 따른 효과는 상부 공간의 활용 유형에 따라 다르게 나타날 수 있음 (예: 상부 공간 녹지화, 도시 개발 등)
- 그러나, 현재까지의 지하도로 사업은 건설 이후의 직·간접적 효과에 대한 실증적인 모니터링 및 평가 체계가 미흡하다는 한계를 가짐
 - 사업 계획 단계에서 주요 효과별 추정치는 제시하고 있지만, 지하도로 개통 이후 실제 개선 효과에 대한 분석은 충분히 이루어지고 있지 않음
 - 또한, 현재까지의 지하도로 사업은 교통 환경 개선 중심의 직접 효과에만 주로 초점이 맞 추어져 있음
- 지하도로는 교통 부문뿐만 아니라 도시 전반에 많은 변화를 가져올 수 있기 때문에, 향후 이를 유형화하고 정량화하기 위한 세부 분석 방안을 마련할 필요가 있음

04 지하도로의 도시 부문별 효과 분석 방안

1) 개요

■ 현행 도로 사업의 효과 분석 및 편익 산정 체계는 지상도로의 신설 및 확장에만 국한되어 있음

- [직접 효과(공통 편익)] 교통시설 사업 시행 시 시설 이용자들에게 발생하는 효과
 - 차량운행 비용 및 통행시간 절감, 교통사고 감소, 환경비용 절감 효과 등
- [간접 효과(특수 편익)] 교통시설 사업 시행 시 시설 이용에 관계없이 모든 사람에게 발생하는 효과
 - 주차 비용 절감, 유희부지 활용, 지역산업 활성화 효과 등

표 6 현행 도로 부문 편익 산정 항목

구분	예비타당성평가지침 ¹⁵⁾	투자평가지침 ¹⁶⁾
	편익 산정 항목	
직접 효과 (공통 편익)	<ul style="list-style-type: none"> - 차량운행 비용 절감 - 통행시간 절감 - 교통사고 감소 - 환경비용(공해 및 소음) 절감 	<ul style="list-style-type: none"> - 통행시간 절감 - 차량운행 비용 절감 - 교통사고 비용 절감 - 통행시간 신뢰성 향상 - 환경비용(공해 및 소음) 절감
간접 효과 (특수 편익)	<ul style="list-style-type: none"> - 주차 비용 절감 - 공사 중 교통 혼잡 발생 (-) - 사업으로 인한 도로 공간 축소 (-) 	<ul style="list-style-type: none"> - 유희부지 활용 - 지역산업 활성화 - 공사 중 교통 혼잡 발생 (-)

자료: 한국개발연구원 「예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 도로·철도부문 연구」, 국토교통부 「교통시설 투자평가지침(7차개정)」을 바탕으로 저자 작성.

15) 이승헌 외. 2021. 예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 도로·철도부문 연구.

16) 교통시설 투자평가지침. 2022. 국토교통부 고시 제2022-500호(9월 2일 일부개정).

2) 지하도로의 도시 부문별 효과

- 국내외 지하도로 사례 및 문헌 조사 결과, 지하도로 건설의 도시 부문별 효과는 크게 교통, 환경, 기타 부문으로 유형화할 수 있음¹⁷⁾

표 7 지하도로의 도시 부문별 주요 효과 항목

부문	세부 항목	주요 내용	관련 문헌
교통 부문	통행시간 절감	교통량 분산에 따른 교통혼잡비용 감소	조진환, 황기연(2010)
	운영 비용 절감		
	통행시간 신뢰성 향상	혼잡 완화를 통한 통행시간 신뢰성 확보	백승한 외(2020)
	사고 비용 감소	도로 직선화 및 흐름 개선에 따른 교통사고 절감	이승헌 외(2017)
	대중교통 활성화	지상 도로 공간 활용을 통한 대중교통 인프라 확대	심재업 외(2021)
환경 부문	온실가스 저감	차량 지하화에 따른 지상부 배출가스 및 소음 저감	교통시설 투자평가지침 (2022); 간순영, 배현주(2023)
	소음 저감		
	열환경 개선	도로 지하화, 상부 공간 녹지화 등에 따른 열환경 개선	이현경 외(2020)
기타 부문	지역 단절 해소	도로 지하화에 따른 도시 간 통행 접근성 증가	장수은 외(2021)
	도시 경관 개선	상부 공간 활용을 통한 도시 경관 개선	김종혁 외(2013)
	집적 효과	접근성 증가로 인한 경제 활성화, 고용 및 세수 증가	국토교통부(2021)
	고용 효과		

자료: 저자 작성.

- 본 연구에서는 국내 지하도로 사업의 특성 및 데이터 가용 여부를 고려하여 다음과 같이 부문별 세부 효과 분석 항목들을 도출하고, 이를 정량화하기 위한 방안을 제시하고자 함
 - **[교통 부문]** 교통 혼잡 완화, 교통사고 저감, 대중교통 활성화
 - **[환경 부문]** 대기오염 저감, 소음 저감, 열환경 개선
 - **[기타 부문]** 지역 단절 해소, 도시 경관 개선

17) Public Accountability Committee. 2015. WestConnex Updated Strategic Business Case.

3) 부문별 효과 분석 방안 - 교통 부문

■ 교통 혼잡 완화

- **[개요]** 지하도로의 주된 목표이자 효과는 교통량 분산을 통한 교통 혼잡 완화임
 - 기능적인 측면에서의 지하도로 건설 효과는 교통 혼잡 개선 정도를 평가하는 것에 중점을 두고 있음
- **[분석 방법]** 지하도로 건설 전후 OD 간 및 주변 도로의 교통혼잡비용을 비교 분석하여 지하도로의 교통 혼잡 완화 효과를 정량화할 수 있음
 - 교통혼잡비용은 사업 구간의 교통량, 통행시간 등을 조사·반영하여 산정¹⁸⁾
 - 사업 전후 도로 구간별 교통량 및 통행시간 산정을 위해 한국교통연구원에서 제공하는 ‘국가교통 DB(View-T)’ 자료 활용

수식 1 교통혼잡비용 산정식

$$CC = \sum_i \sum_j (V_{ij} \times F_j + C_j \times T_i)$$

CC = 교통혼잡비용

V_{ij} = 구간별 교통량 / F_j = 차량 연비

C_j = 시간당 운행비 / T_i = 운행시간

자료: 조진환, 황기연(2010).

■ 교통사고 저감

- **[개요]** 지하도로는 지상도로에 비해 직선 도로를 건설하는 데 유리하며, 날씨의 영향을 받지 않고 차량을 보행자와 완전히 분리할 수 있다는 점에서 교통사고 저감에 기여할 수 있음¹⁹⁾
- **[분석 방법]** 지하도로 건설 전후 유형별 교통사고 자료를 수집·분석하여 지하도로의 교통 사고 절감 효과를 정량화할 수 있음
 - 교통사고의 인적·물적 비용을 추정하여 지하도로의 교통사고 저감 비용 산정²⁰⁾
 - 사업 전후 교통사고 유형별 건수, 사상자 수 및 물적피해 건수 산정을 위해 ‘교통사고분석시스템(TAAS)’ 자료 활용

18) 조한선 외. 2007. 교통혼잡비용 추정방법 개선.

19) 조진환, 황기연. 2010. 교통혼잡비용 추정방법의 개선방안 연구.

20) 이승현 외. 2017. 교통부문사업 편익산정 방법론 연구.

수식 2 교통사고 저감 비용 산정식

$$VIC = \sum_{t=1}^3 \left[\sum_{s=1}^2 (A_{ts} \times P_s \times VL_t) + \sum_{a=1}^2 (M_{ta} \times P_a \times VL_t) \right]$$

VIC = 교통사고 저감 비용

A_{ts} = 도로유형별·사고유형별 교통사고 사상자 수

M_{ta} = 도로유형별·사고유형별 교통사고 물적피해 건수

P_s = 인적사고유형별 사고비용 / P_a = 물적사고유형별 사고비용

VL_t = 연간 도로유형별 사고 건수 / s = 인적사고유형(1: 사망, 2: 부상)

a = 물적사고유형 (1: 차량피해, 2: 대물피해)

t = 도로유형(1: 고속도로, 2: 국도, 3: 지방도)

자료: 이승현 외(2017).

■ 대중교통 활성화

- **[개요]** 지하도로 건설로 확보된 상부 공간을 대중교통 인프라로 활용하게 되면 도시 내 대중교통 이용이 활성화될 수 있음
- **[분석 방법]** 지하도로 건설 전후 해당 구간을 통행하는 대중교통 이용량 및 통행시간 자료를 수집·분석하여 대중교통 활성화 효과를 정량화할 수 있음
 - 대중교통 활성화에 따른 편익은 타 교통수단 대비 통행시간 절감과 운행 비용 절감 등을 고려하여 산정²¹⁾
 - 사업 전후 대중교통 통행시간 및 통행량 산정을 위해 ‘교통카드 빅데이터 통합정보시스템’ 자료 활용

수식 3 수단별 시간가치 산정식

$$VOT = \sum_l \sum_{k=1}^4 (T_{kl} \times P_k \times Q_{kl} \times 365)$$

VOT = 시간가치

T_{kl} = 링크 l 의 차종별, 인별 통행시간 / P_k = 차종별, 인별 시간가치

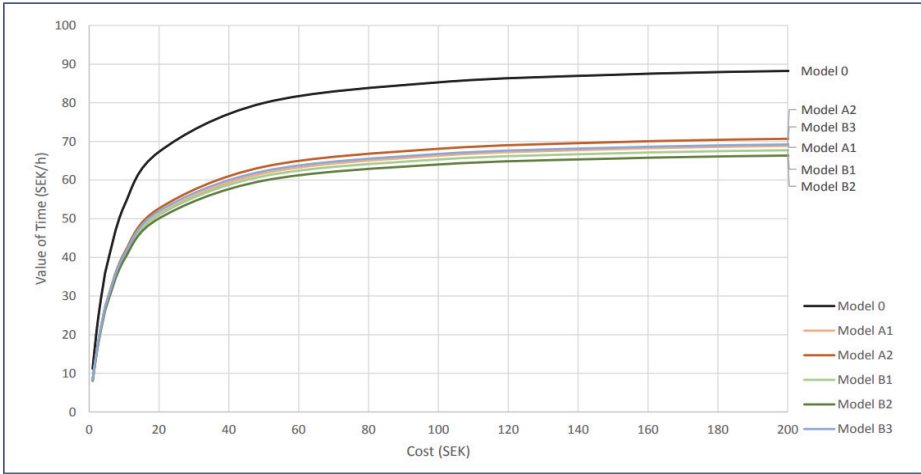
Q_{kl} = 링크 l 의 차종별, 인별 통행량

k = 차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차), 인(4: 철도)

자료: 심재엽 외(2021).

21) 심재엽 외. 2021. 버스 통행시간 정교화 추정과 기중점 기반의 통행시간 절감편익 산정.

그림 9 대중교통 활성화에 따른 시간가치 산정(예시)



자료: Nikitas-Nikolaos(2017).

4) 부문별 효과 분석 방안 - 환경 부문

■ 대기오염 저감

- **[개요]** 지하도로는 기존 지상 차량 통행 시 배출되는 대기오염 물질(NOx, SOx, 미세먼지 등)을 저감하여 도시 대기질을 개선할 수 있음
- **[분석 방법]** 지하도로 건설 전후 해당 구간 인근 대기오염 실측 자료를 통해 대기질 개선 효과를 정량화할 수 있음
 - 대기질 향상에 따른 지하도로 인근 지역 주민의 건강증진편익 산정²²⁾
 - 사업 전후 대기오염물질 농도변화 산정을 위해 '환경영향평가정보지원시스템(EIASS)' 및 '도시대기측정망(AirKorea)' 자료 활용

수식 4 대기오염 저감에 따른 건강증진편익 산정식

$$HB = Y_0(1 - e^{-\beta \Delta PM}) \times P$$

HB = 대기오염 저감에 따른 건강 편익

Y_0 = 사망률 또는 해당 질환에 대한 유병률

β = 대기오염물질 농도와 건강영향의 농도-반응함수

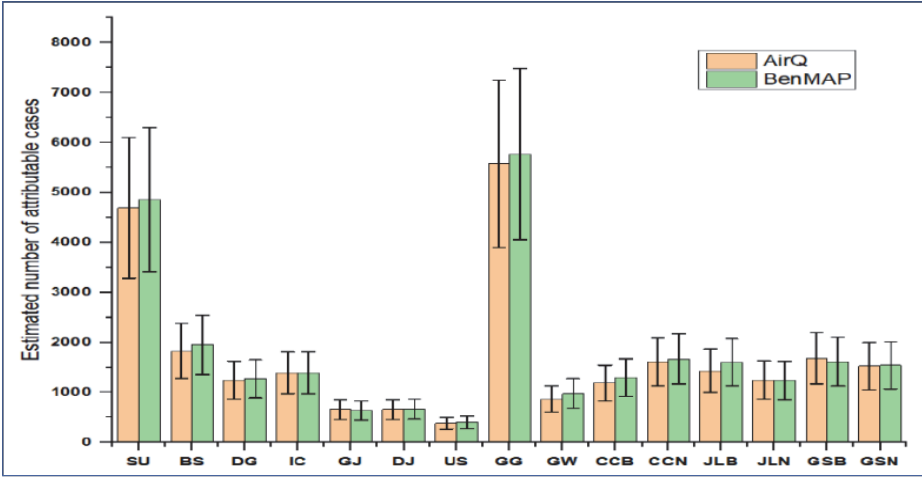
PM = 대기오염물질의 농도변화

P = 대기오염물질에 노출되는 인구 수

자료: 간순영, 배현주(2023).

22) 간순영, 배현주, 2023. AirQ와 BenMAP을 이용한 초미세먼지 개선의 건강편익 산정.

그림 10 대기오염 저감에 따른 건강편익 산정(예시)



자료: 간순영, 배현주(2023).

■ 소음 저감

- **[개요]** 지하도로는 지상 차량 통행 시 발생하는 소음을 저감하여 주민들의 삶의 질을 높이는 데 기여할 수 있음
- **[분석 방법]** 지하도로 건설 전후 해당 구간 인근 소음 실측 자료를 통해 소음 저감 효과를 정량화할 수 있음
 - 소음 저감에 따른 지하도로의 소음가치비용 산정²³⁾
 - 사업 전후 소음도 산정을 위해 ‘환경영향평가정보지원시스템(EIASS)’ 및 ‘국가소음정보시스템’ 자료 활용

수식 5 소음비용 산정식

$$VONC = \sum_i \sum_j (P \times l_{ij} \times L_{ij})$$

$VONC$ = 소음비용

P = 소음가치의 원단위 / l_{ij} = 대상노선의 연장

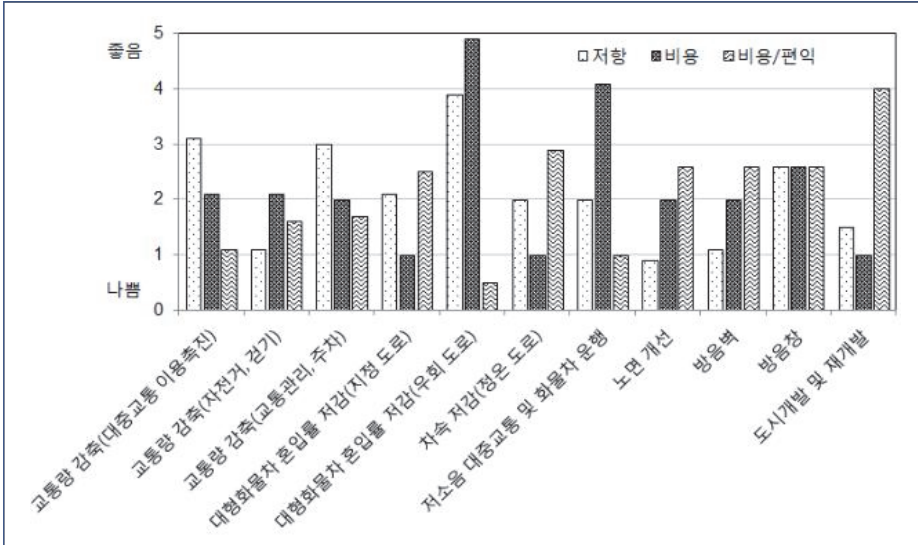
L_{ij} = 실측 소음 또는 예측소음도

i = 도로구분 (일반도로, 고속도로 등) / j = 영향권 내 개별링크

자료: 이성모(2016).

23) 이성모. 2016. 도로 건설사업의 편익분석 개선연구.

그림 11 도로소음 저감대책에 따른 소음비용 산정 (예시)



자료: 국토일보(2018b).

■ 열환경 개선

- **[개요]** 지하도로는 도로에서 발생하는 열을 지하화함으로써 도시 열환경 개선에 기여할 수 있음
- **[분석 방법]** 지하도로 건설 전후 도로 인근 대기 또는 표면 온도 비교를 통해 열환경 개선 효과를 정량화할 수 있음
 - 온도 저감에 따른 지역 내 온열질환자 감소 편익 산정²⁴⁾

수식 6 열환경 개선에 따른 건강증진편익 산정식

$$B_f = \lambda \times |\Delta T_f| \times H_{patient} \times H_{cost}$$

B_f = 사업 f의 건강증진편익 / λ = 기온 1℃ 변화에 따른 온열질환자 절감비율

ΔT_f = 사업 f에 따른 대상지 기온변화량

$H_{patient}$ = 대상지 연간 온열질환자 수

H_{cost} = 온열질환자 일인당 평균 의료비

자료: 이현경 외(2020).

24) 이현경 외. 2020. 도시열섬현상 저감정책의 경제성 분석에 관한 연구.

표 8 열환경 개선에 따른 건강증진편익 산정(예시)

사업 대상지	사업 비용 (백만 원)	온도 저감 효과 (°C)	건강증진편익 (백만 원)
서교동 일원	10,964	0.41	2,963
장위4구역	5,330	0.20	2,806
잠실5단지	3,294	0.91	1,150

자료: 이현경 외(2020)를 바탕으로 저자 작성.

5) 부문별 효과 분석 방안 - 기타 부문

■ 지역 단절 해소

- **[개요]** 지하도로는 기존 도로로 인해 단절되어 있던 지역 간 통행 접근성을 향상시킴으로써 지역 간 단절을 완화할 수 있음
- **[분석 방법]** 지하도로 건설 전후 보행량 및 보행 시간 자료를 활용해 보행 시간가치 향상 효과를 정량화할 수 있음
 - 사업 전후 보행량 및 보행 시간 산정을 위해 'KTDB 주수단 O/D 자료' 활용

수식 7 지역 단절 해소 편익 산정식

$$B_s = \sum_o \sum_d \left[w_{od} \times 365 \times \left(t_{od}^b - t_{od}^a \right) \times VOT_w \right]$$

B_s = 지역 단절 해소 편익 / VOT_w = 보행 시간가치

w_{od} = 기종점 (OD) 사이 보행량 (인/일)

t_{od} = 기종점(OD) 사이 보행 시간 (시/인)

자료: 장수는 외(2021).

표 9 지역 단절 해소 편익 산정(예시)

구분	통행량 (명/일)	통행시간 감소 (분)	편익 (억 원/년)
효성2-청천2	125.15	7.12	0.36
작전1-갈산1	170.01	5.00	0.34
작전서운-삼산1	250.59	17.12	1.74
오정-부천	2,134.96	17.12	14.79
오정-성곡	4,262.28	8.03	13.84
신월3-신월7	425.97	7.72	1.33

자료: 장수는 외(2021)를 바탕으로 저자 작성.

■ 도시 경관 개선

- [개요] 지하도로는 지상도로를 지하화하고 상부 공간을 활용함으로써 도시 경관을 개선할 수 있음
- [분석 방법] 지하도로 건설 전후 지역 주민들의 도시 경관에 대한 지불의사금액(WTP, Willingness To Pay) 비교를 통해 정량화할 수 있음²⁵⁾

표 10 지불의사금액을 활용한 도시 경관 개선 편익 산정(예시)

구분	경관가치(억 원)	구분	경관가치(억 원)
원남고가도로	81	혜화고가도로	63
미아고가도로	114	회현고가도로	129
신설고가도로	121	노량진고가도로	109
광희고가도로	66	문래고가도로	70
화양고가도로	92	한강대교북단고가도로	133

자료: 김종혁 외(2013)를 바탕으로 저자 작성.

6) 시사점

■ 기존 도로 사업의 편익 산정 체계로 지하도로 사업의 효과를 분석하는 데는 한계가 있음

- 현행 편익 산정 체계는 교통 부문의 직접 효과에 치중되는 경향이 있고, 간접 효과에 대해서는 부차적인 개념으로만 제시하고 있음
- 그러나, 지하도로의 경우 교통 측면만큼이나 상부 공간 활용의 효과 또한 클 것으로 예상되기 때문에 단순히 직·간접적 효과로만 구분하기에는 어려움이 있음

■ 이에 본 연구에서는 국내외 사례 및 연구 조사를 바탕으로 지하도로 사업의 효과를 도시 부문별로 유형화하고, 각 부문별 세부 효과 항목들을 정량화하기 위한 방안을 제시하였음

- [교통 부문] 기존 도로 사업 편익 산정에 포함된 항목들(교통 혼잡 완화, 교통사고 저감 등)에 상부 공간의 대중교통 시설 확대에 따른 효과 정량화 방안을 제시함
- [환경 부문] 기존 도로 사업 편익 산정에 포함된 항목들(대기오염 저감, 소음 저감 등)에 도로 지하화에 따른 열환경 개선 효과 정량화 방안을 제시함
- [기타 부문] 도로 지하화에 따른 지역 단절 해소 및 도시 경관 효과에 대한 정량화 방안을 신규로 제시함

25) 김종혁 외. 2013. 서울시 고가도로 철거에 따른 경관개선 효과 편익분석 연구.

05 결론 및 정책제언

1) 요약 및 결론

- 도시 내 토지가격 상승, 교통시설 포화 등으로 인해 도로의 수평적 확장이 한계에 다다르고 있는 상황에서 지하도로는 지속가능한 대안 중 하나로 주목받고 있음
 - 지하도로는 차량 통행이 지하화되고, 상부 공간을 다양한 용도로 활용할 수 있다는 점에서 기존 지상도로와는 차별화됨
- 본 연구에서는 국내외 사례 및 문헌 조사를 바탕으로 지하도로의 개념 및 유형을 정리하고, 지하도로 건설에 따른 효과를 검토하였음
 - 지하도로는 도시 내 주요 지역 및 도시 상호 간 교통의 원활한 소통을 위해 지하에 설치하는 도로를 뜻하며, 주요 사업 유형으로는 입체적 확장, 지하도로 신설, 기존 도로 지하화, 화물/자율주행 전용도로, 해저터널 등이 있음
 - 지하도로는 교통 부문에 대한 개선 효과뿐만 아니라 상부 공간 활용에 따라 타 도시 부문에도 큰 변화를 가져올 수 있음
- 이에 본 연구에서는 지하도로 사업의 도시 부문별 효과를 교통, 환경, 도시 부문으로 유형화하고, 각각의 세부 항목 도출 및 정량화 방안을 제시하였음
 - 현행 도로 사업의 편익 산정 체계에 포함된 항목들 이외에도 상부 공간 활용에 따른 대중교통 활성화, 열환경 개선, 지역 단절 해소, 도시 경관 개선 효과를 추가 도출하였음

2) 정책제언

- 지하도로 사업은 지상도로에 비해 건설 비용이 크고 위험 요인 또한 상대적으로 높은 편이지만, 토지보상비용이 절감되고 시설 내구성이 길다는 점에서 유용한 대안으로 고려되고 있음²⁶⁾

26) 정유진 외. 2023. 지하도로 민간투자사업의 불확실 및 위험요인 분석을 통한 사업추진 개선방안.

- 특히, 개발 밀도 및 지가가 높은 도심권의 경우 지하도로의 건설이 지상도로의 신설 또는 수평적 확장보다 선호되는 추세임
- 다만, 지하도로 건설의 효과 및 필요성에 대한 사회적 공감대가 형성되지 않아 국민들의 우려와 기대감이 공존하고 있음

■ **현행 도로 사업의 효과 분석 및 편익 산정 체계는 지상도로의 신설 및 확장에만 국한되어 있어, 이를 지하도로 사업에 적용하기에는 한계가 있음**

- 현행 도로 사업 지침의 경우, 교통 부문의 직접 효과 외의 간접 효과는 포괄적이고 개념적인 수준에서 제시되고 있어 지하도로 사업의 상부 공간 활용에 대한 효과는 충분히 반영되기 어려움
- 지하도로 사업의 경제적 타당성을 확보하기 위해서는 차량 지하화에 따른 환경 개선 효과, 상부 공간 활용에 따른 도시 개발 효과 등에 대한 편익에 대한 추가 고려가 필요함

■ **향후 지하도로 사업 특성을 고려한 도시 부문별 효과를 추가 발굴하고, 지속적이고 체계적인 사업 추진을 위한 법·제도적 체계를 마련할 필요가 있음**

- 지하도로 건설의 도시 부문별 효과 분석 및 정량화에 필요한 데이터의 수집 및 관리 가이드라인 마련을 통해 사업 효과에 대한 지속적인 모니터링 체계 구축
- 지하도로 건설 효과 항목들의 주기적인 원단위 갱신을 통해 신규 지하도로의 합리적인 편익 산정 및 타당성 분석 지원

참고문헌

간순영, 배현주. 2023. AirQ+와 BenMAP을 이용한 초미세먼지 개선의 건강편익 산정. 한국환경보건학회지 49권, 1호: 30-36.

고인석. 2010. 서울시 U-Smartway 지하도로 계획. 월간교통 145호: 15-22.

교통시설 투자평가지침. 2022. 국토교통부 고시 제2022-500호(9월 2일 일부개정).

국토교통부. 2021. 도로 사업의 사회적 가치를 반영한 정책성 평가지표 및 신규편의 개발 연구. 세종: 국토교통부.

_____. 2022. 제2차 고속도로 건설계획(2021~2025). 세종: 국토교통부.

국토일보. 2018a. 도로소음 저감대책 종류와 비용·편익 사례. 11월 5일.
<http://www.ikld.kr/news/articleView.html?idxno=100950> (2023년 8월 16일 검색).

_____. 2018b. 정온한 도시 조성을 위한 선제적 소음대책 필요(3). 2월 5일.
<https://www.ikld.kr/news/articleView.html?idxno=87999> (2023년 8월 12일 검색).

김상기, 김한준, 이승재, 김주영, 김승현, 나성용, 구동균 외. 2017. 경인고속도로 일반화 사업 타당성 조사. 원주: 한국지방행정연구원.

김종혁, 김진태, 김홍길, 신복민. 2013. 서울시 고가도로 철거에 따른 경관개선 효과 편익분석 연구. 서울도시연구 14권, 4호: 171-184.

김현. 2023. 도심도 지하고속도로의 효과 및 외국사례. 대한교통학회 학술대회지 88권: 304-318.

뉴스1. 2017. 경부고속도로 지하화 공사비 3조·경제적효과 4조8천억원. 1월 18일,
<https://www.news1.kr/articles/?2888489> (2023년 8월 12일 검색).

리얼캐스트. 2023. 경부고속도로 한남-양재 지하화... 지상에는 '서울 리니어 파크' 조성. 4월 5일,
<https://www.rcast.co.kr/news/articleView.html?idxno=20891> (2023년 8월 19일 검색).

박상현, 이진각, 고상운. 2022. 도심 지하도로 환경에서의 시뮬레이션 기반 교통운영 분석연구 - 신월여의지하도로를 중심으로. 대한토목학회 학술대회: 394-397.

배운경, 정수교. 2022. 도로경관 개선에 따른 편익효과 산정 연구. 대한교통학회 학술대회지 86권: 265-266.

백승걸, 강정규, 고승영. 2011. 지하고속도로 국내외 추진사례 및 주요 쟁점 사항. 교통기술과정책 8권, 6호: 73-81.

백승관. 2020. 도로 공간의 입체적 개발을 위한 일본 입체도로제도에 관한 분석. 한국산학기술학회논문지 21권, 11호: 309-316.

- 백승한, 양남이, 이기택. 2020. 통행시간 신뢰성 향상 편익 산정 연구. 세종: 한국개발연구원.
- 서울터널주식회사. <https://seoutunnel.co.kr/usage/route.do> (2023년 8월 12일 검색).
- 서울특별시 내 손안에 서울. 2021a. 서부간선지하도로·월드컵대교 9월 1일 12시 개통. 8월 30일, <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/2002596> (2023년 8월 16일 검색).
- _____. 2021b. 신월~여의나루 8분 만에...신월여의지하도로 16일 개통. 4월 15일, <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/2001309> (2023년 8월 16일 검색).
- 송인호, 정우현, 조민혜, 사지원. 2018. 도시재생 효과에 대한 편익 산정 기초 연구. 세종: 한국개발연구원.
- 송지영, 김지훈. 2015. 도로 및 교통부문 타당성 조사를 위한 지침 연구. 원주: 한국지방행정연구원.
- 심재엽, 김익기, 유한솔, 한근수. 2021. 버스 통행시간 정교화 추정과 기종점 기반의 통행시간 절감편익 산정. 대한교통학회지 39권, 3호: 312-328.
- 연합뉴스. 2022. 경부고속도 화성-서울, 수도권 1순환선 퇴계원~판교에 지하도로 건설. 1월 28일, <https://www.yna.co.kr/view/AKR20220128122200003> (2023년 8월 16일 검색).
- 윤서연. 2018. 도시공간의 효율적 활용을 위한 도로 입체개발의 해외 사례와 시사점. 국토정책Brief 647호. 세종: 국토연구원.
- 이건우, 한진석. 2017. 교통환경정책의 대기질 개선효과 분석 방법론 연구. 대한교통학회지 35권, 1호: 37-49.
- 이성모. 2016. 도로 건설사업의 편익분석 개선연구. 세종: 국토교통부.
- 이승현, 박용덕, 박보영. 2017. 교통부문사업 편익산정 방법론 연구. 세종: 한국개발연구원.
- 이승현, 정우현, 최규진, 홍준익. 2021. 예비타당성조사 수행을 위한 세부지침 도로·철도부문 연구. 세종: 한국개발연구원.
- 이현경, 이민기, 주진호, 김홍배. 2020. 도시열섬현상 저감정책의 경제성 분석에 관한 연구 : 서울시 쿨루프 사업과 옥상녹화 사업을 중심으로. 국토계획 55권, 5호: 97-108.
- 장수은, 엄기종, 김선화, 배윤경, 김상록. 2021. 도로 지하화 사업의 신규 편익 발굴. 교통연구 28권, 4호: 83-97.
- 정동재, 장수은. 2017. 피해비용 접근법을 바탕으로 한 소음비용 추정 연구. 대한교통학회지 35권, 4호: 292-306.
- 정유진, 배범준, 박지형. 2023. 지하도로 민간투자사업의 불확실 및 위험요인 분석을 통한 사업추진 개선방안. 세종: 한국교통연구원.
- 조종래. 2018. 대중교통 투자편익 산정의 문제점과 개선방안. 대한교통학회 학술대회지 78권: 756-768.
- 조진환, 황기연. 2010. 교통혼잡비용 추정방법의 개선방안 연구. 대한교통학회지 28권, 1호: 63-74.
- 조한선, 박인기, 이동민, 박준석. 2007. 교통혼잡비용 추정방법 개선. 고양: 한국교통연구원.
- 천승훈, 박인기, 박용일, 김성민. 2014. 차량이동계적 정보를 활용한 교통혼잡비용 추정방법 개선 연구. 세종: 한국교통연구원.
- 최중철, 임준범, 홍지연, 이성열. 2015. 장대터널의 사례에 기반한 대심도 지하도로 교통시설 및 운영 개선방안. 한국안전학회지 30권, 6호: 122-131.

한국도로공사 도로교통연구원. 2011. 지하고속도로 계획 및 운영방안 연구. 화성: 한국도로공사 도로교통연구원.

황승철, 방형준, 조영제, 정경영. 2021. 소형차 전용 대심도 지하도로: 서부간선지하도로 개통 사례. *교통기술과정책* 18권, 5호: 40-50.

Alrawi, F. 2018. Measuring the relative importance of applying engineering solutions to urban traffic intersections: a planning perspective. *Scientific Journal of Silesian University of Technology Series Transport* 100: 5-13.

Ayalon, O., Shmueli, L., Koren, S. F. and Zerbib, M. Z. 2016. Evaluating Market Benefits of Transportation Tunnels – The Carmel Tunnels as a Case Study. *Journal of Environmental Protection* 7, no.10: 1259-1272.

Broere, W. 2016. Urban underground space: Solving the problems of today's cities. *Tunnelling and Underground Space Technology* 55: 245-248.

Cui, J. and Nelson, J. D. 2019. Underground transport: An overview. *Tunnelling and Underground Space Technology* 87: 122-126.

Culey, S. 2022. Underground, overground, carbon free. The future of transport is soon to be. July 8, <https://smartclasses.co/knowledge-base/underground-overground-carbon-free-the-future-of-transport-is-soon-to-be> (accessed August 12, 2023).

Nikitas-Nikolaos, P. 2017. Estimation of a Demand Model Based on Data from a Dynamic Traffic Assignment Model. Stockholm: KTH Royal Institute of Technology.

Land Transport Authority. 2017. Opening Of New Access Road To TPE From Tampines Road. Singapore: Land Transport Authority.

Paddison, L. 2022. What if all roads went underground? June 22, <https://www.bbc.com/future/article/20220621-what-if-roads-went-underground> (accessed August 12, 2023).

Perez-Prada, F. and Monzon, A. 2017. Ex-post environmental and traffic assessment of a speed reduction strategy in Madrid's inner ring-road. *Journal of Transport Geography* 58: 256-268.

Public Accountability Committee(PAC). 2015. WestConnex Updated Strategic Business Case. State of New South Wales: Parliament of New South Wales.

_____. 2018. The impact of the WestConnex Project. State of New South Wales: Parliament of New South Wales.

Saieh, N. 2009. Sodra Lanken / Rotstein Arkitekter. June 10, <https://www.archdaily.com/24252/sodra-lanken-rotstein-arkitekter> (accessed August 12, 2023).

Sarboraria, J. 2011. L'autoroute A86 voit le bout du tunnel. June 1. <https://www.largus.fr/forum-auto/actus-auto/l-autoroute-a86-voit-le-bout-du-tunnel> (accessed August 12, 2023).

Seattle Department of Transportation(SDOT). 2021. SR 99 Performance Monitoring. State of Washington: Seattle Department of Transportation.

Södra länken. https://en.wikipedia.org/wiki/S%C3%B6dra_l%C3%A4nken (accessed August 12, 2023).

Switzer J. 2019. What's happened to traffic since SR99 tunnel tolling started. December 9, <https://kingcountymetro.blog/2019/12/09/whats-happened-to-traffic-since-sr-99-tunnel-tolling-started> (accessed August 12, 2023).

Yeung, J. S., & Wong, Y. D., 2014. The effect of road tunnel environment on car following behaviour. *Accident Analysis & Prevention* 70: 100–109.

국토연구원 Working Paper는 다양한 국토 현안에 대하여 시의성 있고 활용도 높은 대안을 제시할 목적으로 실험정신을 가지고 작성한 짧은 연구물입니다. 투고된 원고는 정해진 절차를 거쳐 발간되며, 외부 연구자의 투고도 가능합니다. 공유하고 싶은 새로운 이론이나 연구방법론, 국토 현안이나 정책에 대한 찬반 논의, 국내외 사례 연구나 비교연구, 창의적 제안 등 국토분야 이론과 정책에 도움이 될 어떠한 연구도 환영합니다.

투고를 원하시는 분은 국토연구원 연구기획·평가팀(044-960-0438, bbmoon@krihs.re.kr)으로 연락주시시오. 채택된 원고에 대해서는 소정의 원고료를 드립니다.

WP 23-09

지하도로 건설에 따른 도시 부문별 효과 분석 방안

연구진 김민준, 김혜란
발행일 2023년 10월 26일
발행인 심교언
발행처 국토연구원
홈페이지 <http://www.krihs.re.kr>

© 2023, 국토연구원

이 연구보고서의 내용은 국토연구원의 자체 연구물로서 정부의 공식적인 견해와 다를 수 있습니다.

이 연구보고서는 한국출판인협회에서 제공한 KoPub 서체와 대한인쇄문화협회가 제공한 바른바탕체가 적용되어 있습니다.

