

6.1 편익의 유형

6.2 항목별 편익 산정방법

6.3 편익 산정결과

제6장 편익 산정

6.1 편익의 유형

- 도로시설 투자 사업이 가져오는 편익은 크게 직접편익과 간접편익으로 구분한다. 직접편익은 다시 사용자 편익과 비 사용자 편익으로 구분하는데, 사용자 편익은 도로 사용자가 운전중에 얻게 되는 경제적·시간적 및 심리적 요소들을 포함한다.
- 도로투자사업에 의한 편익은 직접편익과 간접편익을 전부 분석해 낼 수 있으면 가장 바람직하나, 본 과업에서는 교통시설 투자평가지침에 의거 직접편익만을 분석하였다.
 - 사용자 편익을 산정할 때는 해당 사업구간을 이용하는 사람들뿐만 아니라 도로망 전체 이용자들을 대상으로 해야 하며, 여기서 도로사용자는 차량 운전자 및 승객을 포함한다.
 - 편익의 총량은 사용자 잉여 부분이며, 이는 곧 사용자들이 기꺼이 지불하고자 하는 비용과 실제 지불하는 비용간의 차이를 표시한다.

< 편익의 유형 >

구 분	편 익 항 목	비 고
직접편익	<ul style="list-style-type: none"> ○통행시간 감소 ○차량운행비 감소 ○교통사고비용 감소 ○대기오염 발생량 감소 ○온실가스 발생량 감소 ○통행시간 신뢰성 향상 	편익분석 반영
간접편익	<ul style="list-style-type: none"> ○지역개발효과 ○시장권의 확대 ○지역 산업구조의 개편 	편익분석 미반영

- 통행시간 감소편익은 사업시행으로 인한 통행시간 감소량을 평가기간 동안만큼 산출하여 통행시간 가치를 곱하여 산출한다. 통행시간 가치는 차량통행 시간을 생산활동에 투입했을 때 얻게 되는 생산품 또는 다른 용역의 가치를 따져서 얻는 방식을 통해 산정된다.
- 차량운행비용 감소편익은 사업시행으로 인해 도로조건이 달라지는 것을 반영시켜서 연료, 엔진오일, 감가상각비 등을 고려하여 산정한다.
- 교통사고비용 감소편익은 사업시행으로 인해 평균 주행거리가 감소하여 교통사고로 발생하는 사회경제적 손실이 감소하는 것을 고려하여 산정한다.
- 대기오염, 온실가스 및 차량소음 발생량 감소편익은 도로조건이 개선됨에 따라 환경에 미치는 악영향이 감소하는 것을 계량화하여 산정한다.
- 통행시간 신뢰성 향상편익은 도로조건이 개선됨에 따라 통행시간의 불확실성이 감소하여 정시성이 확보되는 효과를 계량화하여 산정한다.

6.2 항목별 편익 산정방법

- 「교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017.6, 국토교통부」의 통행시간가치, 차량운행비용, 교통사고비용, 대기오염 및 온실가스 비용의 기준년도는 2015년, 소음비용의 기준년도는 2011년으로 본 과업의 경제성분석 기준년도(2021년)와 상이함에 따라 소비자물가지수를 이용하여 연도를 보정하였다.

< 소비자물가지수 추이 >

통계표	항목명	2011년	...	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
소비자물가지수	총지수	94.72	...	100.00	100.97	102.93	104.45	104.85	105.42	108.97

자료 : 국가통계포털(www.kosis.kr), 통계청 소비자물가조사

주) 2021년 지수는 6월 기준 값임.

6.2.1 통행시간 절감편익

- 차량 속도가 변화하는 경우 운전자는 물론 차량에 승차하고 있는 승객에게도 통행시간이 달라지는 결과를 가져오며 속도가 향상되면 운전자 및 승객의 통행시간은 절감되어 다른 목적에 시간을 투자할 수 있는 반면, 차량 속도가 저하되면 운전자 및 승객에게는 더 많은 통행시간이 소요되어 손해를 본다.
- 통행시간 절감편익은 사업시행시 및 미시행시의 차종별 총 운행시간에 차종별 시간가치를 적용하여 통행시간 가치 비용을 산정한 후 사업 시행시와 미시행시의 차이로부터 산출한다.

가. 통행 시간가치 산정방법

- 업무통행 시간가치는 절감된 통행시간을 자신의 생산 활동에 투입할 수 있다는 가정을 바탕으로 통행자의 단위 업무시간당 한계임금을 근거로 산출한다. 단위 업무시간당 한계임금은 각 부문별 근로자의 월평균급여, 근로시간 및 오버헤드비율을 이용하여 산출한다.

< 업무통행 시간가치 산출(2013년 기준) >

구분	승용차 이용자	버스 운전자	화물차 운전자
월평균급여 (원/월)	3,110,992	2,488,521	2,323,497
월평균 근로시간 (시간/월)	172.6	182.3	
시간당 임금 (원/인.시간)	18,024	13,651	12,745
오버헤드 비율 (%)	26.36	26.44	28.47
시간가치 (원/인.시간)	22,775	17,260	16,374

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 비업무통행 시간가치는 업무통행 시간가치 대비 비업무통행 시간가치의 비율을 적용하여 산출한다.

＜ 도로수단의 비업무통행 시간가치(2013년 기준) ＞

구분	승용차	버스
비업무통행 시간가치(원/인.시간)	9,748	5,011
업무통행 시간가치 대비 비율(%)	42.8	22.0

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 차종별 1대당 통행시간가치는 업무 및 비업무 통행목적 비율에 평균 재차인원을 적용하여 업무 및 비업무 통행 재차인원을 산출한 후, 여기에 업무 및 비업무 통행의 시간가치를 적용하여 산출한다.

＜ 수도권 차량 1대당 시간가치(2013년 기준) ＞

구분	승용차		버스		화물차
	업무	비업무	업무	비업무	업무
재차인원(인)	0.22	1.02	1.23	13.26	1.000
인당시간가치(원/인.시)	22,775	9,748	17,260(1인) 22,775(0.23인)	5,011	16,374
시간가치(원/대.시)	5,011	9,943	22,498	66,446	16,374
평균시간가치(원/대)	14,945		88,944		16,374
2015년평균시간가치(원/대)	15,253		90,723		16,701

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 2021년 기준 차량1대당 시간가치는 2015년 수도권권 차량 1대당 시간가치에 소비자 물가지수를 변환계수 108.97(15년~21년)를 적용하여 산정하였다.

＜ 차량 1대당 시간가치(2021년 기준) ＞

구분	승용차	버스	트럭
2015년 평균시간가치(원/대)	15,253	90,723	16,701
소비자물가 보정지수(2021/2015)	108.97%		
2021년 평균시간가치(원/대)	16,621	98,861	18,199

나. 통행시간 절감편익 산정방법

- 통행배정 작업의 결과로 산출된 영향권 내 링크의 통행시간과 차종별 교통량의 곱을 이용하여 도로 부문 총 통행시간(통행료 제외 순수 통행시간)을 산출한다.
- 사업미시행시와 사업시행 시에 대해 수단별로 총 통행시간 비용을 산출한 후 비교된 차액을 통행시간절감 편익(VOTS)으로 산정하며, 산정식은 다음과 같다.
- 여기서, 통행시간가치는 교통서비스를 이용하는 사람이 통행을 할 때, 단위시간에 대해 느끼는 심리적인 희생감을 금전으로 환산한 것으로 통행시간가치(VOT : Value of Time)는 개인이 1단위의 통행시간을 단축하기 위하여 기꺼이 지불할 용의(Willingness to Pay)가 있는 금전값을 의미한다.

$$VOTS = VOT_{\text{사업미시행}} - VOT_{\text{사업시행}}$$

$$\text{여기서, } VOT = \left\{ \sum_l \sum_{k=1}^3 (T_{kl} \times P_k \times Q_{kl}) \right\} \times 365$$

T_{kl} = 링크 l 의 차종별 통행시간

P_k = 차종별 시간가치, Q_{kl} = 링크 l 의 차종별 통행량

k = 차종(1 : 승용차, 2 : 버스, 3 : 화물차)

6.2.2 차량운행 절감편익

가. 차량운행비용 산정방법

- 타당성 평가에서 추정하는 차량운행비용 절감편익은 크게 유류비, 엔진오일비, 타이어비, 유지정비비, 감가상각비로 구분할 수 있다. 통행배정 결과 사업시행 전·후 각 링크의 통행속도와 차종별, 속도별 차량운행비용 원단위를 적용하여 분석 대상사업으로 인한 차량운행비용 절감 편익을 산정할 수 있다.
- 유류비는 유류소모량에 유류가격을 곱하여 차량별, 속도별로 산정하되 아래에서 제시하는 값을 사용하도록 한다. 다만 보다 최신의 신뢰성 있는 자료가 이용 가능한 경우에는 이를 활용하도록 한다. 이 때, 유류가격은 주행세, 교통세, 교육세 및 부가가치세 등의 각종 세금을 제외한 실질가격, 즉 공장도가격과 대리점 및 주유소 마진을 기준으로 적용한다.
- 차량운행비 중 엔진오일비, 타이어마모비, 유지관리비, 감가상각비는 Jan de Weille (1966)이 작성한 『Quantification of Road User Saving』에서 제시하는 소모율, 소모량을 기준으로, 현장 설문조사를 통한 우리나라 킬로미터(km)당 각 부문 소모비를 적용한 한국도로공사의 자료를 이용하였다.
- 속도별 차량운행비용을 계산하기 위해서는 기준속도에서의 항목별 비용 원단위가 필요하며, 교통시설 투자평가지침에서는 한국철도시설공단, 한국교통연구원(2010)의 「철도투자평가편람 전면개정 연구」상의 항목별 원단위(2008년 기준)에 소비자 물가지수를 이용하여 2011년 기준가격으로 산정한 값을 제시하고 있다.

< 차량운행비용 항목별 원단위 산출결과(2011년 기준) >

(단위: 원/km)

구 분	엔진오일비 원단위	타이어교환비용 원단위	유지관리비용 원단위	감가상각비 원단위
승 용 차	1.54	9.30	14.34	187.85
소형버스	2.06	9.25	15.17	168.41
대형버스	3.28	22.96	22.26	150.08
소형트럭	2.32	8.08	13.36	106.07
중형트럭	2.42	12.42	17.17	156.63
대형트럭	4.26	22.96	25.45	144.77

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 총 운행비용은 앞서 산정한 차량운행비용 항목별 원단위를 Weille의 차량운행비용 산출율과 기준속도 비율을 적용한 후(단, 유류비용의 경우에는 유류 소모량에 단위 가격을 곱하여 산출한다) 최종적으로 차종별 차량운행비용은 차종별 비용항목별 자료를 모두 더하여 산출한다.
- 각 항목별 운행비 산출함수에 포함되는 다양한 변수의 구득이 불가능하므로 총차량운행비를 매10km/h의 경우에 대하여 제시하고, 중간속도에서의 총운행비는 회귀식(3차 포물선)을 이용하여 산출한다.

< 차종별·속도별 차량운행비용 산정결과(2015년 기준가격) >

(단위 : 원/km)

속도(km/h)	승용차	소형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭
10	508.42	687.91	889.97	447.43	705.63	1,014.03
20	409.75	536.28	709.22	357.00	541.50	802.08
30	347.27	438.28	582.40	298.04	460.90	677.16
40	297.07	369.96	496.34	257.72	400.52	597.57
50	260.69	326.02	444.30	233.27	366.43	541.14
60	241.04	295.65	413.95	217.70	346.61	511.50
70	227.47	274.45	397.80	209.06	339.53	496.79
80	213.98	258.25	389.73	205.64	343.41	495.34
90	207.78	250.01	388.41	209.99	362.49	521.52
100	205.93	247.30	400.35	223.09	410.22	551.75
110	207.55	248.92	428.93	-	-	-
120	212.60	261.91	-	-	-	-

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 2021년 기준 차종별.속도별 차량운행비용은 2015년 기준 차종별.속도별 차량운행비용에 소비자 물가지수를 변환계수 108.97%(15년~21년)를 적용하여 산정하였다.

＜ 차종별·속도별 차량운행비용 산정결과(2021년 기준가격) ＞

(단위 : 원/km)

속도(km/h)	승용차	소형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭
10	554.03	749.62	969.80	487.56	768.93	1,104.99
20	446.50	584.38	772.84	389.02	590.07	874.03
30	378.42	477.59	634.64	324.77	502.24	737.90
40	323.72	403.15	540.86	280.84	436.45	651.17
50	284.07	355.26	484.15	254.19	399.30	589.68
60	262.66	322.17	451.08	237.23	377.70	557.38
70	247.87	299.07	433.48	227.81	369.99	541.35
80	233.17	281.42	424.69	224.09	374.21	539.77
90	226.42	272.44	423.25	228.83	395.01	568.30
100	224.40	269.48	436.26	243.10	447.02	601.24
110	226.17	271.25	467.41	-	-	-
120	231.67	285.40	-	-	-	-

나. 차량운행비용 절감편익 산출방법

- 차량운행비용은 분석 대상 사업의 영향권 내 링크를 대상으로 통행배정 작업의 결과로 산출된 주행 속도와 교통량을 이용하여 주행속도에 따른 차량운행비용 원단위를 적용하여 산출하며, 고속도로의 주행속도는 통행료를 고려하지 않은 순수한 통행시간을 적용하였다.
- 차종별 링크 주행속도는 상이한 것이 현실적이거나 현재의 통행배정 모형 하에서 이를 반영하기는 어려우므로 차량편익 산정을 위한 차종별 속도의 구분은 없는 것으로 전제하였다.
- 「도로.철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정.보완 연구(제5판)」에서는 일반도로의 차량 운행비용을 고속도로 기준대비 승용차 125%, 버스 115%, 트럭 120%수준을 적용토록 하고 있으나, 교통시설 투자평가지침에서는 이에 대한 별도의 기준이 제시되지 않고 있어 본 과업에서는 도로 유형별 차량운행비용 원단위를 동일하게 적용하였다.
- 영향권내 모든 링크를 대상으로 사업미시행시와 사업시행시의 총 차량운행비용을 산정한 후 사업미시행시와 사업시행시의 비교된 차액을 차량운행비용 절감편익(VOCS)으로 산출하게 되며, 산정식은 다음과 같다.

$$VOCS = VOC_{\text{사업미시행}} - VOC_{\text{사업시행}}$$

$$\text{여기서, } VOC = \sum_l \sum_{k=1}^3 (D_{kl} \times VT_k \times 365)$$

$$D_{kl} = \text{링크 } l \text{ 의 차종별 대} \cdot \text{km}$$

$$VT_k = \text{해당속도에 따른 차종별 km당 운행비용}$$

$$k = \text{차종(1: 승용차, 2: 버스, 3: 화물차)}$$

다. 교통사고비용 산출방법

- 교통사고 절감편익은 특정 사업시행으로 절감할 수 있는 교통사고비용을 계량화한 것을 말하며, 교통사고비용은 교통사고로 발생하는 모든 사회·경제적 손실을 화폐가치화한 것으로, 사고발생비율과 사고비용 원단위의 곱으로 산정한다.
- 도로교통사고 발생 비율은 도로유형별·사고등급별 인적피해사고 자료(교통사고통계, 경찰청, 각 연도) 및 물적피해사고 건수(도로교통 사고비용의 추계와 평가, 도로교통공단, 각 연도)를 연간 총 주행거리(대·km)(국토교통부, 각 연도)로 나누어 대·km당 사고발생비율을 계산하며, 이 때, 원단위의 대표성을 확보하기 위하여 최근 3년간의 자료를 수집·분석한다.
- 단, 인적피해와 물적피해가 동시에 발생함에도 불구하고, 사상자에서 발생하는 사회적 비용만을 계산하는 인적피해사고의 물적피해비용 누락을 방지하기 위하여 인적피해사고를 사상자 및 사고건수 기준으로 제시하고, 인적피해비용은 사상자 기준으로 물적피해 비용은 사고건수 기준으로 산정한다.

< 교통사고 발생비율 원단위 >

(건/억대·km, 인/억대·km)

구 분	인적피해사고		물적피해사고	
	사망(인)	부상(인)	차량피해(건)	대물피해(건)
고속국도	0.46	42.28	48.82	49.16
일반국도	1.83	110.16	171.44	172.50
지방도	2.59	332.52	566.71	570.20

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 도로선형·기하구조개선, 안전시설물 보강 등으로 기존 왕복 2차로 도로보다 교통사고 저감 개선을 하여도 교통량 증가에 의해 교통사고 절감편익이 (-)로 분석되기 때문에 차로수별 교통사고 건수를 분리하여 고속국도·국도의 차로별 교통사고 원단위를 재산정하였다.

< 확장/시설 개량 사업을 고려한 교통사고 발생비율 원단위 >

구 분			인적피해사고		물적피해사고	
			사망(인)	부상(인)	차량피해(건)	대물피해(건)
신 설	고속국도		0.46	42.28	48.82	49.16
	일반국도		1.83	110.16	171.44	172.50
확 장/ 시설개량	고속국도	4차로 이하	0.72	46.88	52.57	51.59
		6차로 이상	0.24	38.08	45.33	45.25
	일반국도	2차로 이하	4.32	145.60	221.38	222.92
		4차로 이상	1.35	103.09	161.45	162.43
지방도			2.59	332.52	566.71	570.20

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 도로 교통사고 비용은 한국교통연구원(교통사고비용 추정에 관한 연구, 각 연도)의 구분에 따라 물리적 비용과 심리적 비용으로 나눌 수 있으며, 물리적 비용은 다시 도로교통 사고비용의 추계와 평가(도로교통공단, 각 연도)에 따라 인적피해비용, 물적피해비용, 사회기관비용으로 세분할 수 있다.
- 인적피해비용에서 심리적 비용과 중복되는 위자료를 제외하여 산정하며, 인적피해사고 발생시의 물적피해비용은 전체 차량피해와 대물피해사고의 발생건수로 가중평균한 단일수치를 사망 및 부상사고에 동일하게 적용한다.
- 물적피해사고에서 발생하는 사회기관비용 자료는 차량피해사고와 대물피해사고로 세분하지 않고 통합하여 구축되고 있으므로, 전체 물적피해사고의 평균 사회기관비용을 산정하여 차량피해 및 대물피해사고에 동일하게 적용한다.
- 심리적비용(PGS; Pain, Grief and Suffering)은 「2008년 교통사고비용 산정, 한국교통연구원」에서 산정된 비용을 기준 보정하였다.
- 교통사고와 관련된 4대 관련비용인 생산손실비용, 의료비용, 물적피해비용, 행정비용은 비용산정 방법이 제시되어 있지 않아 비용산정 항목에서 제외하였다.
- 2021년 기준 도로교통사고비용 원단위는 2015년 기준 도로 교통사고비용 원단위에 소비자물가지수를 변환계수 108.97%(15년~21년)를 적용하여 산정하였다.

< 도로 교통사고 비용 원단위(2021년 기준가격) >

(단위 : 만원/건, 만원/인)

구분	인적피해사고		물적피해사고	
	사망	부상	차량피해	대물피해
2015년 기준 비용 원단위 (PGS 포함)	72,230	1,905	163	172
2021년 기준 비용 원단위 (PGS 포함)	78,706	2,076	178	187

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

라. 교통사고 절감편익 산출방법

- 분석대상 도로의 교통사고 절감 편익의 화폐가치화는 다음 식을 적용하여 계산하며, 구축된 도로망의 링크 통행배정결과를 이용하여 고속도로 링크, 국도 링크 및 지방도 링크를 구분하여 사업시행과 사업미시행의 억대-킬로미터(km)를 산출하여 그 차이를 활용하여 교통사고 감소편익을 산정한다.
- 사망과 부상으로 구성되어 있던 기존 사고유형에 차량피해 및 대물피해를 추가하여 총 네 가지의 사고유형으로 교통사고 비용을 산정하며, 도로유형별.사고유형별 1억대.km당 교통사고 사상자수 및 물적피해 건수에 각 사고유형별 사고비용 및 연간 도로유형별억대.km를 곱하여 도로 교통사고 비용을 산정한다.
- 영향권내 모든 링크를 대상으로 사업미시행시와 사업시행시의 총 교통사고비용을 산정한 후 사업미시행시와 사업시행시의 비교된 차액을 교통사고 절감편익(VICS)으로 산출하게 되며, 산정식은 다음과 같다.

$$VICS = VIC_{\text{사업미시행}} - VIC_{\text{사업시행}}$$

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

A_{ts} = 도로유형별.사고유형별 1억대 · km당 교통사고 사상자수

M_{ta} = 도로유형별.사고유형별 1억대 · km당 교통사고 물적피해 건수

P_s = 인적사고유형별 사고비용, P_a = 물적사고유형별 사고비용

VL_t = 연간 도로유형별 억대 · km

s = 인적사고유형(1: 사망, 2: 부상),

a = 물적사고유형(1: 차량피해, 2: 대물피해)

t = 도로유형(1: 고속도로, 2: 국도, 3: 지방도)

마. 대기오염 및 온실가스 비용

1) 비용 산정방법

- 대기오염비용절감 및 온실가스 배출저감 편익은 크게 오염물질 및 온실가스별 배출계수 산정, 오염물질 및 온실가스의 단위당 환경피해비용 산정, 사업시행 및 미시행시의 오염물질 및 온실가스 배출량 변화 산정의 단계를 거쳐서 이루어진다.
- 대기오염비용은 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NO_x), 미세먼지(PM)의 피해비용을 한국철도시설공단(2010)의 「철도투자평가편람 전면개정 연구」에서 제시한 산출식을 이용하여 산정한다.
- 교통수단이용과 관련한 온실가스는 이산화탄소(CO_2)만 해당되며, 자동차 성능시험 결과를 이용하여 산정된 차종별 배출계수 산정식을 이용하여 산정한다.

< 국내 차종별 CO_2 배출계수 산정식 >

(단위 : g/km)

구분		배출계수 산정식
승용		$1327.480269 V^{-0.582211}$ (65km/h 이하) $0.02246648 V^2 - 3.11984767 V + 226.74120941$ (65km/h 이상)
승합	소형(디젤)	$2088.680541 V^{-0.596328}$ (65km/h 이하) $0.03891285 V^2 - 5.42887775 V + 367.04332063$ (65km/h 이상)
	중형	$2807.689014 / (1.26009186 + 0.13705931 V - 0.00102907 V^2)$
	대형	$2807.689014 / (0.81926729 + 0.06095835 V - 0.00034767 V^2)$
트럭	소형(디젤)	$1299.200185 V^{-0.413665}$ (65km/h 이하) $0.08899357 V^2 - 11.51306905 V + 615.13401303$ (65km/h 이상)
	중형	$2807.689014 / (1.06722744 + 0.16318950 V - 0.00136819 V^2)$
	대형	$2807.689014 / (0.88566832 + 0.05886221 V - 0.00042379 V^2)$

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 대기오염물질 배출 원단위는 환경부(2001)에서 제시한 오염물질별 대기오염의 사회적 한계비용의 결과를 소비자 물가지수를 이용하여 기준년도 가격으로 보정하여 적용하며, PM 의 경우 인구규모에 따라 배출원단위를 다르게 적용하였다.
- 온실가스 절감편익을 계산하기 위해서는 이산화탄소의 전체 사회적 비용을 추정하는 것이 바람직하나, 화폐화에 한계가 있고 적절한 사례가 미흡한 실정이므로, 해외의 이산화탄소의 잠재가격 평균치, 이산화탄소 포집·제거비용 및 흡수원 비용 등을 종합적으로 고려하여 톤당 172,800원으로 적용하였다.

< 대기오염비용 및 온실가스 원단위(2015년 기준) >

(단위: 원/kg)

구 분	PM _{2.5}			NOX	CO	VOC	CO ₂
	도시	교외	지방				
원단위	402,093	104,562	41,831	15,835	158	2,330	44

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 차종별·통행속도별 대기오염비용 및 온실가스 비용은 아래와 같다.

< 차종별·속도별 대기오염 및 온실가스 비용(2015년 기준) >

(단위: 원/km)

차 종	속도	CO	NOx	VOC	PM _{2.5}			CO ₂	합계		
					도시	교외	지방		도시	교외	지방
승용차	10	0.20	9.41	0.40	6.24	1.58	0.69	16.63	32.88	28.22	27.33
	20	0.10	6.04	0.20	4.75	1.19	0.50	10.99	22.08	18.52	17.83
	30	0.10	4.75	0.10	3.96	1.09	0.40	8.61	17.52	14.65	13.96
	40	0.10	3.96	0.10	3.56	0.89	0.40	7.23	14.95	12.28	11.79
	50	0.10	3.47	0.10	3.27	0.89	0.30	6.34	13.28	10.90	10.31
	60	0.10	3.07	0.10	3.07	0.79	0.30	5.64	11.98	9.70	9.21
	70	0.00	2.87	0.00	2.87	0.69	0.30	5.15	10.89	8.71	8.32
	80	0.00	2.57	0.00	2.67	0.69	0.30	4.75	9.99	8.01	7.62
	90	0.00	2.48	0.00	2.57	0.69	0.30	4.46	9.51	7.63	7.24
	100	0.00	2.28	0.00	2.48	0.59	0.30	4.16	8.92	7.03	6.74
버스	10	0.30	83.06	1.58	15.35	3.96	1.58	60.19	160.48	149.09	146.71
	20	0.30	58.71	1.29	10.59	2.77	1.09	42.37	113.26	105.44	103.76
	30	0.30	48.61	1.19	8.51	2.18	0.89	34.55	93.16	86.83	85.54
	40	0.20	42.67	1.19	7.33	1.88	0.79	29.90	81.29	75.84	74.75
	50	0.20	38.81	1.19	6.44	1.68	0.69	26.73	73.37	68.61	67.62
	60	0.20	35.94	1.09	5.84	1.49	0.59	24.35	67.42	63.07	62.17
	70	0.20	33.86	1.09	5.45	1.39	0.59	22.57	63.17	59.11	58.31
	80	0.20	32.08	1.09	5.05	1.29	0.50	21.09	59.51	55.75	54.96
	90	0.20	30.69	1.09	4.75	1.19	0.50	19.90	56.63	53.07	52.38
	100	0.20	29.50	1.09	4.46	1.19	0.50	18.81	54.06	50.79	50.10
화물차 (평균)	10	0.30	64.85	0.89	69.40	18.02	7.23	26.33	161.77	110.39	99.60
	20	0.20	45.54	0.59	49.01	12.77	5.15	19.90	115.24	79.00	71.38
	30	0.20	37.13	0.50	40.00	10.40	4.16	16.93	94.76	65.16	58.92
	40	0.10	32.18	0.40	34.65	9.01	3.56	15.15	82.48	56.84	51.39
	50	0.10	28.81	0.40	31.09	8.12	3.27	13.86	74.26	51.29	46.44
	60	0.10	26.33	0.30	28.41	7.43	2.97	12.87	68.01	47.03	42.57
	70	0.10	24.35	0.30	26.33	6.83	2.77	12.08	63.16	43.66	39.60
	80	0.10	22.87	0.30	24.65	6.44	2.57	11.48	59.40	41.19	37.32
	90	0.10	21.58	0.30	23.27	6.04	2.38	10.99	56.24	39.01	35.35
	100	0.10	20.49	0.20	22.08	5.74	2.28	10.49	53.36	37.02	33.56

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

< 표 계속 >

차 종	속도	CO	NOx	VOC	PM _{2.5}			CO ₂	합계		
					도시	교외	지방		도시	교외	지방
소형화물	10	0.10	15.54	0.30	33.17	8.61	3.47	19.80	68.91	44.35	39.21
	20	0.10	9.80	0.20	22.97	5.94	2.38	14.65	47.72	30.69	27.13
	30	0.10	7.52	0.10	18.51	4.85	1.88	12.38	38.61	24.95	21.98
	40	0.10	6.24	0.10	15.84	4.16	1.68	10.89	33.17	21.49	19.01
	50	0.00	5.35	0.10	14.06	3.66	1.49	9.90	29.41	19.01	16.84
	60	0.00	4.75	0.10	12.77	3.37	1.29	9.21	26.83	17.43	15.35
	70	0.00	4.36	0.10	11.78	3.07	1.19	8.61	24.85	16.14	14.26
	80	0.00	3.96	0.10	10.99	2.87	1.19	8.12	23.17	15.05	13.37
	90	0.00	3.66	0.10	10.30	2.67	1.09	7.72	21.78	14.15	12.57
	100	0.00	3.47	0.10	9.80	2.57	0.99	7.43	20.80	13.57	11.99
중형화물	10	0.59	85.34	2.18	82.27	21.38	8.51	32.27	202.65	141.76	128.89
	20	0.40	62.17	1.39	58.11	15.15	6.04	25.25	147.32	104.36	95.25
	30	0.30	51.68	1.09	47.52	12.38	4.95	21.88	122.47	87.33	79.90
	40	0.30	45.34	0.89	41.18	10.69	4.26	19.80	107.51	77.02	70.59
	50	0.20	40.99	0.79	36.83	9.60	3.86	18.32	97.13	69.90	64.16
	60	0.20	37.72	0.69	33.66	8.71	3.47	17.13	89.40	64.45	59.21
	70	0.20	35.15	0.69	31.19	8.12	3.27	16.24	83.47	60.40	55.55
	80	0.20	33.07	0.59	29.21	7.62	3.07	15.44	78.51	56.92	52.37
	90	0.20	31.38	0.59	27.62	7.13	2.87	14.85	74.64	54.15	49.89
	100	0.10	29.90	0.50	26.14	6.83	2.77	14.26	70.90	51.59	47.53
대형화물	10	1.09	399.27	3.86	319.47	83.06	33.26	64.94	788.63	552.22	502.42
	20	0.69	284.63	2.57	229.09	59.60	23.86	49.70	566.68	397.19	361.45
	30	0.50	233.94	2.08	188.79	49.10	19.60	42.47	467.78	328.09	298.59
	40	0.40	203.74	1.78	164.74	42.87	17.13	38.02	408.68	286.81	261.07
	50	0.40	183.05	1.58	148.30	38.61	15.44	34.85	368.18	258.49	235.32
	60	0.30	167.81	1.39	136.13	35.34	14.16	32.47	338.10	237.31	216.13
	70	0.30	155.93	1.29	126.62	32.97	13.17	30.69	314.83	221.18	201.38
	80	0.30	146.32	1.19	118.90	30.89	12.38	29.11	295.82	207.81	189.30
	90	0.30	138.40	1.09	112.56	29.30	11.68	27.82	280.17	196.91	179.29
	100	0.20	131.67	1.09	107.12	27.82	11.19	26.73	266.81	187.51	170.88

자료: 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 2019년 기준 차종별·통행속도별 대기오염비용 및 온실가스 비용은 2015년 원단위에 소비자물가지수를 변환계수 108.97%(15년~21년)를 적용하여 산정하였다.

＜ 차종별·속도별 대기오염 및 온실가스 비용(2021년 기준) ＞

(단위: 원/km)

구 분	승용차	버스	소형화물차	중형화물차	대형화물차
10	30.75	162.46	48.33	154.48	601.75
20	20.18	114.90	33.44	113.72	432.82
30	15.96	94.62	27.19	95.16	357.52
40	13.38	82.64	23.42	83.93	312.54
50	11.88	74.76	20.72	76.17	281.68
60	10.57	68.73	18.99	70.23	258.60
70	9.49	64.41	17.59	65.82	241.02
80	8.73	60.75	16.40	62.03	226.45
90	8.31	57.83	15.42	59.01	214.57
100	7.66	55.35	14.79	56.22	204.33

주 : PM_{2.5} 도심부 기준임

2) 대기오염절감 및 온실가스 절감편익 산정방법

- 대기오염절감 및 온실가스 절감편익 은 대기오염비용과 온실가스의 원단위와 차종별·속도별 대기오염 및 온실가스 배출계수를 이용하여 다음과 같이 산정한다.

$$VOPCS = VOPC_{\text{사업미시행}} - VOPC_{\text{사업시행}}$$

$$\text{여기서, } VOPC = \sum_l \sum_{k=1}^3 (D_{lk} \times VT_k \times 365)$$

D_{lk} : 링크별(l), 차종별(k) 대·km

VT_k : 차종별(k) 해당링크 주행속도의 km당 대기오염 및 온실가스비용

k : 차종(1=승용차, 2=버스, 3=화물차)

바. 소음비용(편익)의 산정

1) 소음비용 산정방법

- 소음가치의 산정을 위해서는 사업시행으로 발생하는 소음변화량과 단위 소음당 원단위에 대한 정보가 필수적이다. 이 지침에서는 사업미시행시와 사업시행시의 발생 소음도 차이를 구한후, 유지비용법을 적용하여 단위소음량(1dB) 저감을 위해 필요한 유지관리비용(방음벽 설치비용) 원단위를 곱해 사업시행으로 인한 소음영향을 화폐가치화 한다.
- 직접적인 소음도 실측은 어렵기때문에 교통시설 투자평가지침에서는 사업미시행시와 사업시행시에 따른 소음예측식을 통한 추정방법을 적용하도록 하고 있으며, 도로소음 예측식은 일반도로(국도 및 지방도 등을 말한다)와 고속도로에 대한 예측식이 별도로 제시하고 있다.
- 일반도로에 대한 소음예측식은 도로단에서 10미터(m) 이내 지역의 소음과 도로단에서 10미터(m) 이외 지역의 소음도로 구분되어 적용되는데, 이미 고밀도로 개발되어 있는 대도시권 사업이 아닌 한 소음점과 수음점 사이의 거리는 대부분의 경우에 10미터(m) 이상일 것이므로 도로단에서 10미터(m)이상 지역의 식을 사용하도록 한다.
- 단, 도로 신설사업의 경우 사업미시행시 사업대상구간의 소음도는 도로가 없는 경우의 평균 소음발생도를 적용하는데, 도시부는 55dB, 지방부는 45dB을 적용한다.
- 국립환경연구원에서는 도로단에서 10m 이상지역의 소음도 예측식을 제공하고 있으며, 이 예측식의 결정변수는 교통량, 평균속도, 이격거리 관련 계수, 상수항 등인데, 교통량과 평균속도는 교통수요 분석결과에서 제시되며, 이격거리 관련 계수는 다음 표에서 제시한 평균적인 수치를 적용하였다.

$$L_{eq} = 8.55 \log \left(\frac{QV}{l} \right) + 36.3 - 14.1 \log r_a + C$$

L_{eq} : 등가소음도(dB)

Q : 1시간당 등가교통량(대/hr) = 소형차(승용차) 통과대수 + [대형차 통과대수(버스 및 트럭) × 10]

V : 평균차속(km/hr)

l : 가상주행 중심선에서 도로단까지의 거리 + 기준거리(계산방식은 표 참조)

r_a : 기준거리에 대한 도로단에서 예측지점까지의 거리비(계산방식은 표 참조)

C : 상수, C 는 Q 를 교통량(대/hr)이라 정의할 때,

$15,000 < Q$ 이면 $C = -2.0$

$10,000 < Q \leq 15,000$ 이면 $C = -1.5$

$5,000 < Q \leq 10,000$ 이면 $C = -1.0$

$2,000 < Q \leq 5,000$ 이면 $C = -0.5$

$Q \leq 2,000$ 이면 $C = 0$

< 일반도로 소음도 예측식 이격거리 관련 계수 >

(단위: m)

변 수	설명 및 계산	적용 수치		비 고
		도시부	지방부	
평균 이격거리	음원~수음점간 거리	27.9	59.0	
도로폭	가상주행중심선~도로단간 거리	6.1	5.3	도로폭과 도로특성에 따라 별도 수치 적용가능
기준거리	-	10	10	-
l	도로폭+기준거리	16.1	15.3	-
r_a	(평균 이격거리 - 도로폭) / 기준거리	2.2	5.4	-

자료 : 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 고속도로에 적용될 수 있는 소음예측식으로는 국립환경연구원 제안공식과 한국도로공사에서 권장하는 소음예측식이 있으며, 국립환경연구원 제안공식은 측정치와 예측치가 비교적 잘맞는 장점이 존재하는 반면, 종단구배나 선형, 그리고 주변지형 등에 대한 자세한 정보가 요구되는 단점이 있어 추정과정이 비교적 간명한 한국도로공사 제안식을 적용하도록 한다.
- 예측식을 이용하는 경우 필요한 정보는 일반도로에서의 경우와 마찬가지로 교통수요예측에서 얻어진 자료를 사용한다.
- 한국도로공사에서 제안하는 소음예측식은 시간당 1,000대 이상의 차량이 60~120km/h의 속도로 주행하는 것을 가정하여 예측하고 있으며, 교통량은 구간별 교통분석 결과를 활용하여 주·야간 첨두시 교통량을 적용토록 하고 있다.

$$L_{eq} = PWL + 10 \log \left(\frac{1}{2 \times d \times s} \right) + \Delta L_i + a_i + ad$$

여기서, L_{eq} : 등가소음도(dB)

$$PWL = 72.4 + [20 \log V + 10 \log (a_1 + 3.8a_2)]$$

 a_1 : 소형차혼입율(승용차 통행 비율), a_2 : 대형차혼입율(버스 및 트럭 통행 비율), $a_1 + a_2 = 1$ $\Delta L_i, a_i, ad$: 도로교통 소음도의 보정치로서 '0'으로 처리평균이격거리(d) : 음원에서 수음점까지의 거리(m) (도시부 27.9, 지방부 59.0 적용) s : 평균차두간격 = $1,000 \times V/Q$ V : 차량주행속도(km/h), Q : 평균교통량(대/h)

- 영향권 내의 각 도로구간을 고속도로와 일반도로(국도 및 국지도 등), 사업 해당구간을 별도로 분리하여 세부 구간별로 도로연장, 교통량, 소형차 혼입률(승용차 통행 비율), 대형차 혼입률(버스 및 트럭 통행 비율), 평균속도 등의 자료를 입력한다.
- 일반도로의 경우 교통량에 따른 상수항을 추가 계산하여 사업미시행시 예측소음도를 구간별로 산출한다.
- 소음비용은 최대 발생가능 소음도에 대한 저감비용을 가정한 것이므로 첨두시 교통량에 대한 소음도만 추정하도록 한다.
- 소음발생과 소음피해를 측정하기 위한 지표(proxy)는 발생소음 대 소음피해율의 비율인 '유효소음피해 비율'을 적용하며, 유효소음피해 비율은 지적통계자료를 통해 분석한 총 면적대비 소음영향지역 면적의 비율로 추정한 값을 적용한다.

< 소음가치의 평균원단위(2011년 기준) >

(단위: 원/dB·년·m)

구 분	도 시 부	지 방 부	평 균
소음가치의 평균원단위	4,308	1,860	2,193

자료 : 교통시설 투자평가지침(제6차 개정), 2017. 6, 국토교통부

- 2019년 기준 소음가치의 평균원단위는 2011년 기준 소음가치의 평균원단위에 소비자 물가지수를 변환계수를 115.04%(11년~19년)를 적용하여 산정하였다.

< 소음가치의 평균원단위(2021년 기준) >

(단위: 원/dB·년·m)

구 분	도 시 부	지 방 부	평 균
소음가치의 평균원단위	4,956	2,140	2,523

2) 소음비용(편익) 산출방법

- 사업미시행시와 사업시행시의 발생 소음도 차이를 구한 후, 유지비용법을 적용하여 단위소음량(1dB) 저감을 위해 필요한 유지관리비용(방음벽 설치 비용) 원단위를 곱해 사업시행으로 인한 소음영향을 화폐가치화하게 되며, 산정식은 다음과 같다.

$$EVNS = EVN_0 - EVN_c$$

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

여기서, $EVNS$: 소음비용(편익), EVN_k : 소음비용(0=사업미시행시, c=사업시행시) P : 소음가치의 원단위, l_{ij} : 대상노선연장길이, L_{ij} : 예측소음도, i : 도로구분(일반도로, 고속도로 등), j : 영향권 내 개별링크

6.3 편익 산정결과

- 편익 산정결과 과업노선과 주변도로의 전반적인 통행속도 향상에 따라 통행시간 절감편익이 가장 큰 것으로 분석되었다.

< 편익 산정결과(시나리오1) >

(단위 : 억원/년)

연도	운영비용 절감편익	통행시간 절감편익	환경비용 절감편익	사고비용 절감편익	총편익
2030년	16.3	33.7	5.9	0.8	56.6
2031년	17.6	36.4	6.4	0.8	61.2
2032년	19.0	39.0	7.0	0.8	65.7
2033년	20.3	41.7	7.5	0.8	70.3
2034년	21.7	44.3	8.1	0.8	74.8
2035년	21.9	45.2	8.1	0.8	75.9
2036년	22.0	46.1	8.1	0.8	77.0
2037년	22.2	46.9	8.2	0.8	78.1
2038년	22.4	47.8	8.2	0.8	79.2
2039년	22.5	48.7	8.3	0.8	80.3
2040년	22.6	49.6	8.3	0.8	81.4
2041년	22.8	50.6	8.4	0.8	82.5
2042년	22.9	51.5	8.4	0.8	83.6
2043년	23.0	52.5	8.5	0.8	84.7
2044년	23.1	53.4	8.5	0.8	85.8
2045년	23.2	54.0	8.6	0.8	86.6
2046년	23.3	54.6	8.7	0.8	87.4
2047년	23.4	55.1	8.8	0.8	88.1
2048년	23.5	55.7	8.9	0.8	88.9
2049년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2050년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2051년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2052년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2053년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2054년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2055년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2056년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2057년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2058년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
2059년	23.6	56.3	9.0	0.8	89.7
합계	673.3	1,526.0	252.2	23.2	2,474.7

< 편익 산정결과(시나리오2) >

(단위 : 억원/년)

연도	운영비용 절감편익	통행시간 절감편익	환경비용 절감편익	사고비용 절감편익	총편익
2030년	15.5	32.8	5.8	0.7	54.8
2031년	16.9	36.1	6.3	0.8	60.1
2032년	18.3	39.5	6.8	0.8	65.4
2033년	19.7	42.8	7.4	0.8	70.7
2034년	21.1	46.2	7.9	0.8	76.0
2035년	21.3	47.6	8.0	0.8	77.7
2036년	21.6	49.0	8.1	0.8	79.5
2037년	21.8	50.4	8.2	0.8	81.2
2038년	22.1	51.8	8.2	0.9	82.9
2039년	22.3	53.2	8.3	0.9	84.6
2040년	22.6	53.1	8.4	0.8	85.0
2041년	22.9	53.0	8.5	0.8	85.3
2042년	23.3	52.9	8.7	0.8	85.6
2043년	23.6	52.8	8.8	0.8	86.0
2044년	23.9	52.7	8.9	0.8	86.3
2045년	24.6	55.8	9.3	0.8	90.4
2046년	25.3	58.8	9.6	0.8	94.5
2047년	26.0	61.8	10.0	0.8	98.7
2048년	26.7	64.8	10.4	0.9	102.8
2049년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2050년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2051년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2052년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2053년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2054년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2055년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2056년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2057년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2058년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
2059년	27.4	67.9	10.7	0.9	106.9
합계	721.6	1,701.6	275.4	25.4	2,724.0