

교통량이 적은 고속도로의 효율적인 건설 방안 연구

A Study on a Plan to Efficiently Construct an Expressway with Low Traffic Volume

김진섭 Kim, Jinsub	정회원 · 서울시립대학교 박사과정 (E-mail : 4784kkk@hanmail.net)
홍석기 Hong, Sukkee	서울시립대학교 박사과정 (E-mail : skhong@ex.co.kr)
박규영 Park, Kuiyoung	삼보기술단 이사 (E-mail : kngprk@gmail.com)
박남식 Park, Namsik	삼보기술단 이사 · 교신저자 (E-mail : pns1000@nate.com)

ABSTRACT

OBJECTIVES : This study aims to review a plan to reduce the shoulder width of a deformed round-trip two-lane highway with low traffic volume.

METHODS : Installation of a passing lane on a round-trip two-lane (one-way one-lane) highway, and reduction of a shoulder for a round-trip four-lane highway.

RESULTS : It is necessary to establish a design criterion for various highways, because the plan to reduce the lane or shoulder width of a highway with low traffic volume was analyzed to have an economic efficiency of 6.8~7.0%.

CONCLUSIONS : It is necessary to seek for a plan to establish a national trunk net early by efficiently using the limited financial resources to cope with the traffic demand elastically.

Keywords

Expressway, traffic volume, construction plan, economic efficiency analysis

Corresponding Author : Park, Namsik, Director
Roads & Highways, Sambo Engineering Co., 30,
Wiryeseong-daero16-gil, Songpa-gu, Seoul, 05640, Korea
Tel : +82.2.3433.3056 Fax : +82.2.3433.3191
E-mail : pns1000@nate.com

International Journal of Highway Engineering
<http://www.ksre.or.kr/>
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received May, 12, 2016 Revised Oct, 21, 2016 Accepted Oct, 24, 2016

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

1970년대의 경부고속도로 건설을 시작으로 고속도로는 국가 간선도로망의 확충을 통해 경제 발전의 주도적 역할을 수행하여 왔으며 국내 화물 수송의 약 95%를 담당하며 핵심 기반시설로 자리매김하여 왔다.

그러나, 그 동안 우리나라는 미국의 AASHTO Green Book에 해당하는 '도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침(2009)'을 여러 차례 개정하여 시대에 맞게 발전시켜 왔으나 고속도로를 구분함에 있어 지방부

와 도시부로만 구분하여 기준을 제정함으로써 도로설계자들은 이 범주를 벗어나 지형여건이나 이용 교통량을 감안하여 유연하게 대처하여 설계하지 못하고 획일화된 고속도로 설계를 하여 왔다.

현재 건설되어 공용 중에 있는 익산-포항 고속도로(익산~장수), 동해고속도로(현남~동해), 서해안 고속도로(함평~고창), 고창~담양 고속도로(고창~대덕)는 2010년 기준 예측 교통량이 23,971~59,200대/일 반면 이용교통량이 9,742~13,890대/일로서 예측 교통량에 비해 실제 이용 교통량이 59%~76% 적게 이용하는 경

Table 1. The Expected Traffic Volume and the Actual Traffic Volume

Route	Section	Length (km)	Actual traffic volume (AADT, 2010)	Expected traffic volume (AADT, 2010)	Note
Iksan~Pohang	Iksan~Jangsu	61.0	10,277~13,278	47,840~59,200	Existing
Donghae Line	Hyunnam~Donghae	60.2	9,742~13,890	29,761~57,602	"
Seohaean Line	Hampyeong~Gochang	48.2	9,950~12,743	23,971~25,669	"
Gochang~Damyang	Gochang~Daedeok	47.5	8,199~12,448	25,642~50,458	"

* Four-lane Highway Capacity : Service Level A(less than 23,000 AADT), Service Level D(52,000~68,200 AADT)

Table 2. Economic Efficiency of the Expressway to Construct

Route	Section	Length (km)	Expected traffic volume (AADT, Target year)	Economic feasibility (B/C, overall)	Note
Gwangju~Wando	Gangjin~Namhae	37.5	9,480~10,527	0.68	Completion of basic design
Center Line	Cheorwon~Chuncheon	63.0	6,461~13,143	0.37	Completion of feasibility study
Daesan~Dangjin	Daesan~Dangjin	23.9	6,123~11,540	0.64	Completion of preliminary feasibility study
Donghae Line	Samcheok~Yeongdeok	117.9	3,175~14,127	0.21	Completion of preliminary feasibility study

우도 발생하는 등 초기에 과투자 논란의 여지가 있다.

한편, 최근 10년간 7~10조원에 달했던 국가 도로 투자 규모는 국내 경제의 저성장, 투자 재원의 한정성 등으로 인해 향후 6조원 이내로 축소될 전망이다(기재부 세출구조 조정 방안 2013. 5월).

지역 균형 발전과 지역 주민들이 지속적으로 건설을 요구하고 있는 광주-완도 고속도로(강진~남해남), 중앙고속도로(철원-춘천), 대산~당진 고속도로, 동해고속도로(삼척~영덕)는 목표연도에 예측 교통량이 3,175~13,143대/일로서 경제성(B/C)이 0.21~0.64 정도로 예측되어 표준 4차로 고속도로로 건설할 경우 사업 타당성 확보가 어렵다.

따라서, 교통 안정성을 확보하면서 교통 수요에 탄력적으로 대응하고 한정된 재원의 효율적 투자와 국가 간 선망을 적기에 구축할 수 있도록 교통량이 적은 고속도로의 경우는 도로폭원 조정 등 다양한 고속도로 건설 방안이 요구되고 있다.

2. 관련 문헌 고찰

2.1. 국내 고속도로의 정의

2.1.1. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 (2009, 국토해양부)

(1) 고속도로의 정의

고속도로란 「도로법」 제8조 및 제9조에 따른 고속국도로서

- ① 중앙분리대에 의하여 양방향의 분리되고
- ② 입체 교차를 원칙으로 하며
- ③ 설계속도가 80km/h 이상이며
- ④ 출입이 제한된 도로를 말하며

자동차 전용도로 및 「도로교통법」에 의한 교통규제에 따라 자동차 이외의 차량통행을 금지한 도로와는 구별해야 한다.

(2) 시설 규정

① 설계속도

도로의 기능별 구분에 따라 다음 Table 3의 속도 이상으로 한다. 다만, 지형상황 및 경제성 등을 고려하여 필요한 경우에는 다음 표의 속도에서 시속 20킬로미터 이내의 속도를 뺀 속도를 설계속도로 할 수 있다.

② 차로폭등 고속도로의 최소 횡단 폭원

Table 3. Design Speed of Expressways

Classification of roads by function	Local area		Urban area
	Flat area	Mountain area	
Expressway	120	100	100

2.1.2. 도로교통법 (2011. 06.08 개정)

Table 4. Minimum Crossing Width of Expressways

Classification	Rural area	Urban area
Lane width(m)	3.5	3.5
Median strip width(m)	3.0	2.0
Shoulder width(m)	3.0	2.0

(1) 고속도로 정의

편도 1차로와 편도 2차로 이상 고속도로를 구분하였으며 차로 수나 시설규정은 없고 최고속도와 제한속도인 최저속도를 구분하였다.

① 편도 1차로 고속도로

최고속도 80km/h, 최저속도 50km/h

② 편도 2차로 이상 고속도로

최고속도 100km/h, 최저속도 50km/h

③ 고속도로의 원활한 소통을 위하여 경찰청장이 필요하다고 인정되는 경우 최고속도 120km/h, 최저속도 50km/h로 지정할 수 있다.

(2) 속도제한하려는 경우

경찰청장 또는 지방경찰청장은 자동차 속도를 제한하려는 경우에는 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에 따른 설계속도, 실제 주행속도, 교통사고 발생 위험성, 도로 주변 여건 등을 고려하여야 한다(2010. 7. 9신설).

2.1.3. 도로 계획 지침 (2009, 대한토목학회)

(1) 고속도로의 정의

도로법 제8조 및 제9조에 따른 고속국도로서 중앙분리대에 의해 양방향 분리되고 입체교차하여야 한다. 차로 수에 대해서 별도로 규정하지 않았다.

(2) 시설 규정

고속도로의 횡단구성은 다음 Table 5의 폭 이상으로 한다.

Table 5. Expressway Crossing Configuration

Classification	Rural area	Urban area
Design speed(m)	more than 80	80~100
Lane width(m)	3.5	3.5
Median strip width(m)	3.0	2.0
Shoulder width(m)	3.0	2.0

2.1.4. 도로 설계 기준 (한국도로교통협회)

(1) 고속도로의 정의

「도로법」 제8조 및 제9조에 따른 고속국도로서 중앙분리대에 의해 양방향 분리되고 입체교차하여야 하며 설계속도가 80km/h 이상이어야 한다.

(2) 시설 규정

고속도로의 횡단구성은 다음 Table 6의 폭 이상으로 한다.

Table 6. Expressway Crossing Configuration

Classification	Rural area	Urban area
Design speed(m)	more than 80	80~100
Lane width(m)	3.5	3.5
Median strip width(m)	3.0	2.0
Shoulder width(m)	3.0	2.0

2.1.5. 고속국도법 (2011. 5 24 개정)

(1) 정의

고속도로는 자동차 교통망의 중추부분을 이루는 중요한 도시를 연결하는 자동차전용의 고속교통을 제공하는 도로이다.

(2) 시설규정

차로수나 시설규정에 대하여 별도로 규정하지 않았다.

2.2. 해외 고속도로의 정의

2.2.1. 주요 국가별 고속도로의 정의

(1) 일본 도로 구조령

- ① 전국 간선 교통축으로 정치, 경제, 문화상 중요한 지역을 연결하는 도로
- ② 자동차의 고속 이동성을 확보하기 위한 전국 간선 도로이다.
- ③ 2차로(편도1차로) 고속국도의 시설기준을 규정하고 있다.

(2) 독일 RAS

- ① 중앙분리대에 의해 교통류가 분리되고
- ② 서로 다른 방향의 교통류 간에는 입체교차만 허용되며 진출입을 위한 진출입구가 별도로 존재하여야 한다.
- ③ 2차로(편도1차로) 및 3차로 고속도로로 구분함.

(3) 미국 AASHTO

- ① 완전 또는 부분적으로 출입을 제한하고
- ② 일반적으로 교차하는 부분은 입체교차하며
- ③ 왕복교통을 분리한 통과 교통을 위한 간선도로이다.
- ④ 4차로 (편도2차로) 이상으로 규정하였다.

(4) 영국 DFT

- ① 지역 간 혹은 도시 내, 전략적으로 중요한 도로이며 장거리 통행이 많고
- ② 최고 제한 속도는 110km/h이며 6차로(편도3차로) 이상을 권장하고 있다.

2.2.2. 일본 (도로구조령)

(1) 도로의 종급 구분상의 고속 자동차 국도

- ① 도로의 종급 구분이란 도로가 위치하는 지역과 지형상황 및 계획교통량에 따라서 동일한 설계기준을 적용하는 구간의 도로를 분류한 것으로 고속자동차국도 및 자동차 전용도로로 구분한다.
- ② 지역의 지형 및 계획 교통량에 따라 제1종부터 제4종까지 급별 구분한다.
- ③ 고속자동차국도 중 지방부에 위치하는 경우에는 제1종, 도시부에 위치하는 경우에는 제2종으로 분류한다(Table 7).
- ④ 계획교통량에 의하여 6차로 이상 및 교통량이 많은 4차로 도로(30,000대/일 이상)를 1급으로 하고, 교통량이 적은 4차로 및 교통량이 많은 2차로 도로(30,000대/일~10,000대/일)를 제2급으로 하며, 교통량이 적은 2차로 도로(10,000대/일 미만)를 제3급으로 한다.

(2) 시설 규정

- ① 차로 수
지방부에 존재하는 도로에서는 지형의 상황에 따

라 계획교통량이 다음 Table 8의 설계기준교통량 이하의 도로의 차로수는 2로 한다.

Table 8. Design-standard Traffic Volume by Classes

Classification		Topography	Design-standard traffic volume (AADT)
Kind 1	Class 2	Flat area	14,000
	Class 3	Flat area	14,000
		Mountain area	10,000
	Class 4	Flat area	13,000
Mountain area		9,000	
Kind 2	Class 2	Flat area	9,000
	Class 3	Flat area	8,000
		Mountain area	6,000
	Class 4	Flat area	8,000
		Mountain area	6,000

※ ■ corresponds to the Expressway category (Kind 1 : rural area, Kind 2 : urban area)

② 차로폭

차로의 폭은 도로의 구분에 따라 다음 Table 9의 값으로 한다.

Table 9. Lane Width

Classification		Lane width(m)
Kind 1	Class 1 ~ Class 3	3.50
	Class 4	3.25
Kind 2	Class 1	3.50
	Class 2	3.25

※ ■ corresponds to the Expressway category (Kind 1 : rural area, Kind 2 : urban area)

③ 중앙분리대

제1종, 제2종 또는 제3종 1급 도로의 차로는 왕복 방향별로 분리하며, 다음 표의 좌측에 기재한 값 이상으로 하고, 지형의 상황, 기타 특별한 사유로 부득이한 장소에 대해서는 Table 10의 우측에 기재한 값까지 축소할 수 있다.

Table 7. Expressway Design Speed by Classes

Classification	Region	Kind	Class	Design speed (km/h)		Entrance restrictions	Applicable road
Expressway, Motorway	Local	Kind 1	Class 1	120	100	Completely	Expressway
			Class 2	100	80	Completely, partially	Expressway/Motorway
			Class 3	80	60	Completely, partially	Expressway/Motorway
			Class 4	60	50	Completely, partially	Expressway
	Urban	Kind 2	Class 1	80	60	Completely	Expressway/Motorway
			Class 2	60	40,50	Completely	Motorway

Table 10. Median Strip Width

Classification		Median strip width(m)	
Kind 1	Class 1 ~ Class 2	4.5	2.0
	Class 3 ~ Class 4	3.0	1.5
Kind 2	Class 1	2.25	1.50
	Class 2	1.75	1.25
Kind 3	Class 1 ~ Class 4	1.75	1.00
Kind 4	Class 1 ~ Class 3	1.00	

※ ■ corresponds to the Expressway category
(Kind 1 : rural area, Kind 2 : urban area)

④ 길어깨

차도의 우측 길어깨의 폭은 좌측에 나타나 있는 값 이상으로 한다. 단, 부가추월차로, 오르막차로 또는 변속차로를 설치하는 장소, 연장 50m 이상의 교량 또는 고가도로, 지형의 상황, 그 외 특별한 이유로 부득이한 장소에 대해서는 Table 11의 우측에 기재한 값까지 축소할 수 있다.

Table 11. Shoulder Width

Classification		Right-shoulder width(m)	
Kind 1	Class 1 ~ Class 2	2.50	1.75
	Class 3 ~ Class 4	1.75	1.25
Kind 2		1.25	
Kind 3	Class 1	1.25	0.75
	Class 2 ~ Class 4	0.75	0.50
	Class 5	0.50	

※ ■ corresponds to the Expressway category
(Kind 1 : rural area, Kind 2 : urban area)

Table 12. Design/Operation Feature by Road Functions

Road function			Design, operational feature				
Category group	Road category		Traffic kind	Allowable speed (km/h)	Intersection	Design speed (km/h)	
A	Road, where access to the outside of the region of buildings is controlled, with a decisive connection function	A I	Long-distance road	Vehicle	None	3D	120~100
				Vehicle	≤100	(3D) 2D	100~90
		A II	Regional road	Vehicle	None	3D (2D)	100~90
				Vehicle, general	≤100	2D	90~80
		A III	Inter-regional road	Vehicle	≤100	(3D) 2D	80~70
				General	≤100	2D	80~60
		A IV	Infrastructure connection	General	≤100	2D	70~60
A V	Dependent connection	General	≤100	2D	50~0		
A VI	Economy road	General	≤100	2D	0		
B	Road, where access to the inside and surroundings of the region of buildings is controlled, with a decisive connection function	B II	Urban expressway	Vehicle	≤80	3D (2D)	80~70
		B III	Access-controlled main line	General	≤70	2D	70~60
				General	≤70	2D	70~60
		B IV	Access-controlled main collection	General	≤60	2D	60~50

※ ■ Expressway, A I ~A II: Local Expressway, B II: Urban Expressway

(3) 2차로 고속도로 기준

일본 도로 구조령에서는 계획 교통량이 적은 지방부 도로에서는 2차로 고속도로에 대한 기준을 다음과 같이 제시하고 있다.

- ① 일정한 서비스 속도 확보와 정면충돌 등 중대사고를 방지하기 위해 원칙적으로 왕복 분리한다.
- ② 중앙분리대는 종·급에 따라 표준 3.0~4.5m 적용하고 부득이한 구간은 1.5~2.0m까지 축소 가능하며, 길어깨는 고장차량 등으로 통행에 방해하지 않도록 전 길어깨를 적용한다.
- ③ 장대교나 장대터널 또는 구조물 비율이 높고 토공부가 단속적인 구간에서 부득이한 경우 고무막대 등으로 왕복 통행을 구분한 비분리 도로 적용이 가능하다.
- ④ 저속차량으로 인한 통행의 원활성을 확보하기 위하여 부가 추월차로나 양보차로, 오르막 차로를 설치한다. 부가 추월차로는 6~10km 간격으로 1.0~1.5km를 설치할 수 있으며, 교량부 및 터널부는 설치하지 않는다.

2.2.3. 독일 (도로시설규정(RAS))

(1) 도로의 구분

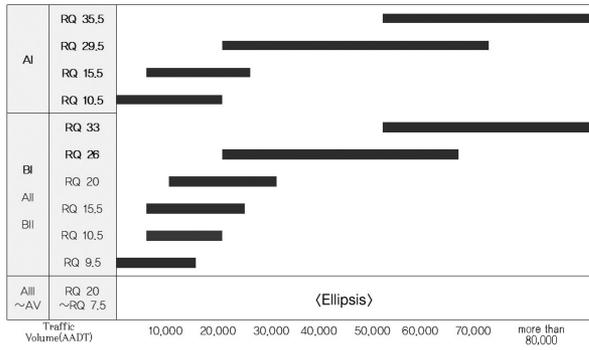
도로의 기능은 범주그룹과 도로의 범주를 구분하며, 설계 및 운영의 특징으로 교통종류, 허용속도(km/h), 교차점, 설계속도를 다음 Table 12와 같이 구분한다.

(2) 시설규정 (RAS-Q, 1996)

연방 고속도로의 표준횡단면은 원칙적으로 RQ35.5와 RQ29.5로 하며, 교통량에 따라 다양하게 횡단면을 선택하여 적용할 수 있도록 하였다.

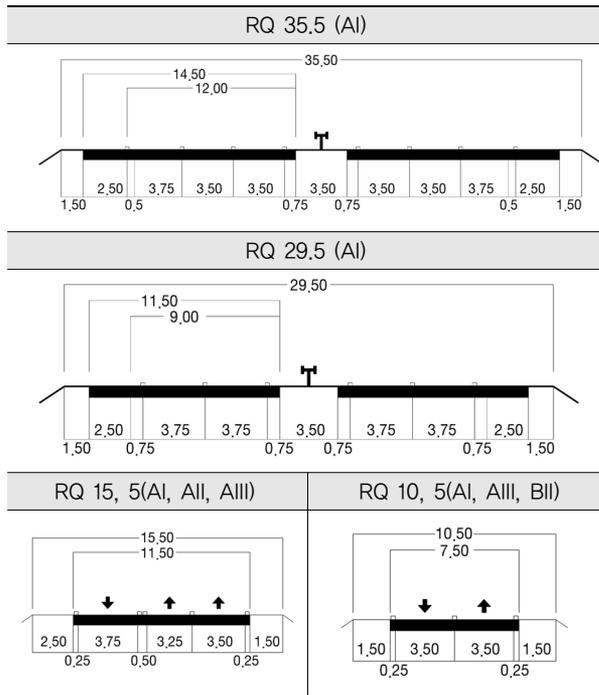
① 교통량에 따른 표준 횡단면의 선택

Table 13. Standard Drawing of Cross Section according to Traffic Volume



② 지방지역 고속도로 (A I 그룹범주) 표준횡단면도

Table 14. Standard Drawing of Cross Section for Expressways



2.2.4. 미국 (AASHTO)

(1) 시설 규정

고속도로는 방향별로 최소한 2개의 차로가 설치되어야 한다. 고속도로는 Table 15와 같이 지방지역과 도시 지역으로 구분하여 도로의 시설을 규정하였고, 우리나라

라도 이 규정을 대부분 따라하고 있다.

Table 15. Expressway Division

Classification	Rural area	Urban area
Design speed(km/h)	120	100
Lane width(m)	3.60	
Median strip width(m)	3.00	
Shoulder width(m)	3.00	

2.2.5. 영국 (DFT)

(1) 시설규정

고속도로 차로수는 일반적으로 6차로(편도 3차로)이상으로 권장하며, 고속도로를 Table 16과 같이 지방지역과 도시지역으로 구분하여 시설을 규정하고 있다.

Table 16. Expressway Division

Classification	Rural area	Urban area
Design speed(km/h)	110	80
Lane width(m)	3.65	
Median strip width(m)	4.0	
Shoulder width(m)	3.30	

2.3. 관련 문헌 고찰 결과

- 현재 국내 도로 관련 법령 및 기준을 조사한 결과 고속도로는 중앙분리대에 의해 양방향으로 분리하고, 설계속도는 80km/h 이상 되도록 하며, 입체교차 및 출입제한을 원칙으로 하고 있다.
- 고속도로의 차로 수는 미국의 경우 4차로 이상으로 하라는 별도의 규정을 두고 있으며, 영국의 경우 강제조항은 아니나 6차로 이상으로 권장하고 있고, 독일·일본에서는 차로 수에 대한 규정은 없으며, 특히 일본의 경우 교통량에 따라 2차로(편도 1차로) 도로를 건설토록 제시하고 있다.
- 우리나라는 차로 수에 대한 규정은 없으나, 2차로(편도1차로)로 건설되었던 고속도로는 양방향 4차로 이상 고속도로로 확장되었고, 건설예정인 고속도로는 양방향 4차로 이상을 표준으로 건설, 계획하고 있다. 이는 고속차량의 상시 추월을 가능케 하여 이용객의 편익을 도모한 것으로 제도적인 규정에 의한 표준 차로 수 규정은 아니다.
- 따라서 본 연구에서는 외국의 고속도로 운영 사례와 고속도로 횡단면 축소에 따른 경제성과 안전성을 검토하여 효율적인 고속도로 건설 방안을 강구하고자 한다.

3. 교통량이 적은 고속도로의 건설 사례 조사

3.1. 왕복 2차로 고속도로

3.1.1. 국내 사례

1970년대 우리나라는 고속도로 건설비용 부족으로 차관을 도입하여 대부분 2차로 고속도로를 건설하였다. 그 대표적인 고속도로가 호남고속도로 대전~순천, 88고속도로 담양~동고령, 중앙고속도로 대구~안동, 제천~원주, 흥천~춘천, 영동고속도로 신갈~강릉, 동해고속도로 동해~죽현, 남해고속도로 순천~부산간 고속도로가 건설 당시 왕복 2차로로 건설되어 5~29년 동안 운영된 후 2015년 말 88고속도로 담양~성산간을 왕복4차로 이상으로 확장 개통함으로써 우리나라는 왕복 2차로 고속도로가 완전히 사라졌다.

3.1.2. 해외 사례

(1) 일본

양방향 2차로 고속도로의 통행을 중앙분리대로 분리 하되 강성 분리대가 아닌 차로 분리 봉으로 분리하고, 주행 속도는 60~70km/h로 도로 구조령에서 제시하는 2차로 고속도로의 기준보다 하향 적용하여 많이 운영하고 있다.



(a) DOTO Expressway



(b) TOKAI-HOKURIKU Expressway

Fig. 1 Japan

(2) 노르웨이

E134 고속도로 노선 중 Drammen(드람멘)~hokksund(하우사운드)를 연결하는 구간(18.9km)은 제한 속도 80km/h, 길어깨 폭 2.0m이며, 진출·입 시설 전후 구

간을 4차로로 운영하여 출입차량으로 인한 교통 소통 저하를 방지하고 있다.

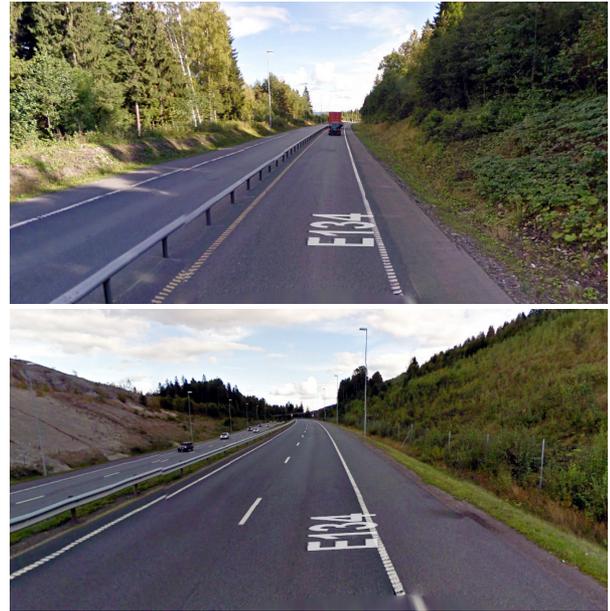


Fig. 2 Drammen~Hokksund

3.2. 2+1 차로(3차로) 운영사례

3.2.1. 독일

독일에서는 2001년에 총 48개 구간 356km의 2+1차로 도로가 건설되었는데, 이 중 35개 노선은 자동차 전용도로(motorway)였고, 나머지 13개 노선은 혼합 교통류(mixed traffic)가 통행하는 도로이다. 일 교통량



(a) Transition Section



(b) 3-lane Section

Fig. 3 German 2+1 Lanes

이 8,000~22,000(대/일)이고 설계속도 100km/h이며 중앙분리대 형식은 노면표시로 하였다.

3.2.2. 스웨덴

1990년대 스웨덴은 13m 광폭 2차로(편도1차로)도로를 약 3,600km 건설하여 운영하였는데 교통안전성에 많은 문제점이 발생하여 저비용으로 기존의 13m광폭 2차로(편도1차로) 도로를 2+1차로 도로로 전환하여 2005년까지 약 1,450km의 2+1차로 도로를 건설하여 운영 중에 있다. 일 교통량이 4,000~20,000(대/일)이고, 설계속도 110km/h이며 중앙분리대 형식은 케이블형 방호벽으로 하였다.

3.2.3. 핀란드

1991년대 2+1차로 도로가 총5개 노선에 개통되었지만 교통량 증가로 3개 노선은 4차로로 확장하였고, 현재 2개 노선 48km 구간에 2+1차로 도로가 운영되고 있다. 일 교통량이 14,000(대/일)이고, 설계속도 100km/h이며, 중앙분리대는 노면표시로 운영되고 있다.

3.3. 길어깨 축소 운영 사례

주요 나라의 고속도로 길어깨는 폭원 2.5m 이상으로 운영되고 있으며 건설비용 절감을 위해서 편도 3차로 이상 고속도로의 길어깨 폭은 최소 1.0m까지 축소하여 운영하고 있으며 지역 순환 고속도로 또는 고속도로를 연결하는 지선 개념의 고속도로에서는 길어깨를 0.5~1.0m까지 축소하여 운영하고 1~2km간격으로 비상주차대를 운영하는 사례가 많다.

3.3.1. 독일

(1) A114(아우토반114)

베를린 도심과 순환고속도로(아우토반10)를 연결하는 연장 7km도로로 제한속도가 100km/h이며 길어깨폭은 0.5m로 운영하고 있다.

(2) Bundesautobahn10 (Berliner Ring, 아우토반10)

베를린의 순환고속도로 중 하나로 연장이 196km로 제한속도가 100km/h이며 길어깨폭은 1.0m로 운영하고 있다.

3.3.2. 프랑스

(1) Autoroute A14(낭테르~주발)

프랑스 최초의 도시 유료도로로 연장이 15.6km이며 제한속도가 70~130km/h(터널구간 70km/h)로

서 길어깨폭은 2.0m로 운영하고 있다.

(2) Autoroute A29(Beuzerille~생캉탱노스)

전체 연장 264km 중 60km가 제한속도 110km/h, 길어깨폭 1.5m로 운영하면서 1.5km~2.0km 간격으로 비상주차대를 설치하였다.

3.3.3. 룩셈부르크

(1) E29루트 드레미(Route de Remich)

룩셈부르크의 주요 간선 고속도로는 길어깨폭 2.5m, 왕복 4차로 이상으로 운영되고 있으나, 연장 17.7km인 Route de Remich는 왕복 3차로에 제한속도 90km/h로서 길어깨폭을 1.0m까지 축소하여 운영하고 있다.

3.3.4. 네덜란드

(1) A2(E25, 에인트호벤~스헤르토크보스)

네덜란드의 주요 간선 고속도로는 왕복 4차로로서 길어깨 2.5m 이상으로 운영되고 있으나, A2도로는 30km 구간이 구조물 구간으로 제한속도 80~120km/h, 길어깨폭을 0.75m까지 축소하여 운영하고 있다.

3.4. 교통량이 적은 고속도로의 건설 유형 사례조사 결과 분석

3.4.1. 왕복 2차로 도로

(1) 해외 사례에서 보면 고속도로의 경우 대부분 왕복 4차로 이상으로 운영되고 있고, 국내에서도 왕복 2차로 고속도로는 왕복 4차로 이상 고속도로 확장, 개량하여 2015년 이후 사라졌다.

(2) 일본의 경우 교통량에 따라 왕복 2차로 고속도로 기준은 있으나 도로 구조령에서 제시한 고속도로보다 하향 적용하고 있다. 따라서, 왕복 2차로 고속도로는 본 연구 사례로 적용은 적절치 않은 것으로 판단된다.

3.4.2. 길어깨 축소 고속도로

(1) 해외의 주요 국가 대부분 고속도로의 길어깨 폭원은 2.5m 이상으로 운영되고 있다. 다만, 교통량이 적거나 주요 산업시설 및 항구 등을 연결하는 지선 고속도로에서 길어깨를 0.5~1.5m로 축소하고 비상 주차대를 설치하여 운영하고 있다.

(2) 또한 효율적인 도로 건설을 위하여는 고가도로, 터널, 특수교량에서도 길어깨폭을 0.5~1.0m까지

축소하여 운영하고 있다.

4. 교통량이 적은 고속도로의 효율적인 건설 방안

4.1. 기본 방향

본 연구의 주요 목적은 교통량이 적은 고속도로의 경우 차로 수 및 폭원을 조정하여 경제적 건설을 도모하는 데에 있다.

차로 수 및 폭원이 축소될수록 경제성 측면은 유리하나, 안전성 측면과 고속 주행성에 불리할 수 있다. 따라서 고속도로의 주요 기능인 장거리 고속주행 및 주행 쾌적성에 저해가 되지 않는 범위 내에서 최적의 경제적 단면이 되도록 하여야 한다. 이를 만족하기 위해서 다음 3가지 요소를 고려하여 기본 방향을 설정하였다.

4.1.1. 기능성

우리나라 고속도로는 유료도로로 운영되므로 국도와 차별화하기 위해서는 고속주행이 가능하도록 고속도로의 표준적 제한속도인 100km/h의 적용이 가능해야 한다.

4.1.2. 경제성

일부 지방부 고속도로 중 표준적인 4차로로 건설 후 이용교통량이 적어 과다투자의 논란이 될 수 있다. 이로 인하여 최근 도로 건설비중이 점차 줄어드는 정책 동향으로 볼 때 예측 교통량이 적은 고속도로는 건설 필요성은 있으나 적기에 건설이 어렵게 될 수 있다. 따라서 도로분야 재원이 효율적으로 분배될 수 있도록 통행 차량당 최적화된 단면의 검토가 요구된다.

4.1.3. 안전성

도로의 횡단폭원은 고속주행차량의 안전성 및 편의성 측면에서 매우 중요하므로 경제성뿐만 아니라 안전성 및 이용자 편의성에 저해가 되지 않는 범위 내에서 검토되어야 한다.

4.2. 기본 원칙

고속도로의 차로 수 조정과 횡단 폭원을 축소하더라도 고속도로의 기본 요건에 부합되어야 하며, 고속도로의 기능적 측면과 안전성이 유지되어야 한다. 이런 조건을 만족하기 위해서 반드시 요구되는 다음 사항에 대하여 기본 원칙으로 정하였다.

4.2.1. 차로 수

경제성을 고려하여 차로 수는 양방향 2차로(편도 1차로) 이상을 원칙으로 하며, 앞지르기 차로 및 2+1(3차로)차로로 설치하도록 한다.

4.2.2. 설계속도

본 연구의 대상노선이 주요 간선을 연결하는 지선으로 연계 노선 간 설계속도의 일관성을 확보하기 위해 설계속도를 100km/h 이상을 원칙으로 한다.

4.2.3. 중앙분리대

고속 주행하는 고속도로의 대형 사고를 방지하기 위하여 강성방호시설 또는 분리차로에 의한 양방향 분리를 원칙으로 한다.

4.3. 효율적인 고속도로 유형별 대안 설정

4.3.1. 대안 1안

2차로(편도1차로) 고속도로+앞지르기차로 설치의 일반구간 횡단면도는 Fig. 4와 같고 앞지르기 구간 횡단면도는 Fig. 5와 같다.

교통량 11,000대/일 이하 구간에 적용하며, 교통량 증가 시 LCS(Lane Control Systems)차로 설치로 교통량 확보가 가능하도록 한다.

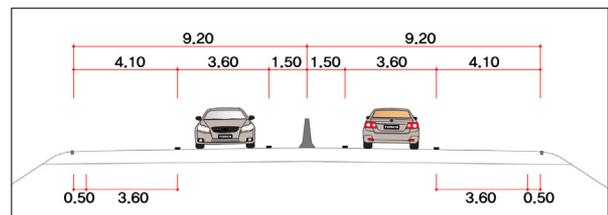


Fig 4. Cross Section for General Zone

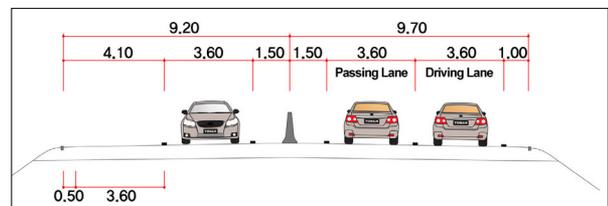


Fig 5. Cross Section for Passing Zone

4.3.2. 대안 2안

토공 일반구간의 횡단면도는 Fig. 6과 같고 구조물 구간 횡단면도는 Fig. 7과 같이 한다.

길어깨는 표준 3.0m에서 1.5m로 축소하고 교통량 20,000대/일 이하 구간에 적용하도록 한다.

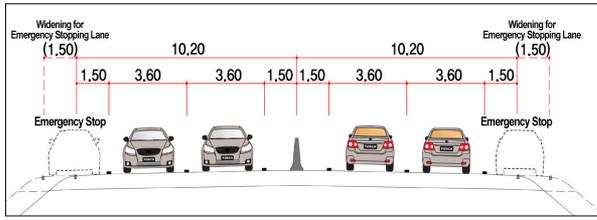


Fig 6. Cross Section of Earthwork Zone

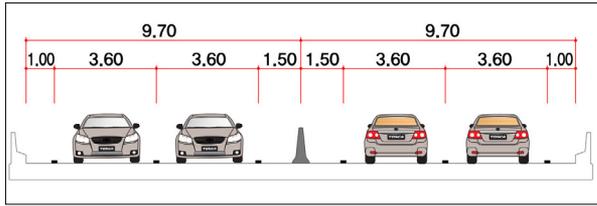


Fig 7. Cross Section of Structure Zone

4.3.3. 대안 3안

교통량이 20,000대/일 이하로서 일반 토공구간은 왕복 4차로 표준 횡단면을 적용하고, 구조물구간은 길어깨 폭 3.0m을 1.0m로 축소한다.

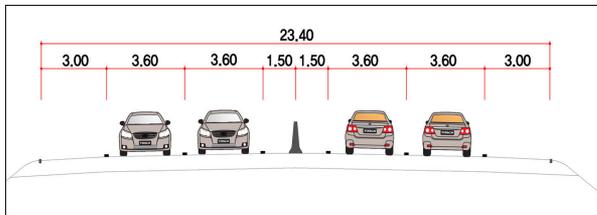


Fig 8. Cross Section of Earthwork Zone

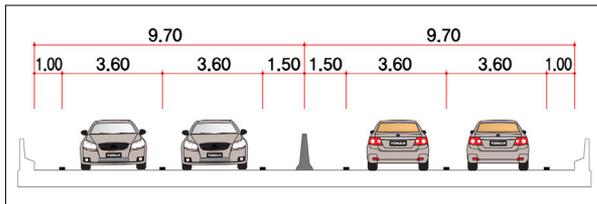


Fig 9. Cross Section of Structure Zone

4.4. 대안별 기준 교통량 산정

고속도로 유형별 서비스 수준별 적정 시간 교통량은 도로용량편람(국토교통부, 2013)에 의거하여 산정하였으며, 기준 교통량의 검증은 독일의 PTV사에서 개발한 Micro-simulation에 프로그램인 VISSIM 6.0을 이용하였다.

4.4.1. 대안1 기준 교통량 산정

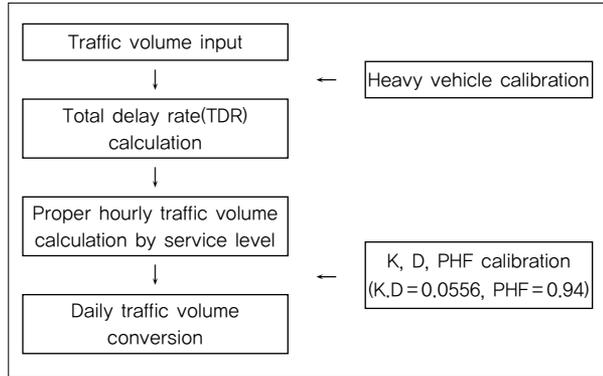
(1) 분석방법

분석대상 도로는 연속류의 고규격 고속도로이므로 도로용량 편람의 2차로 도로유형 중 유형 I을 적

용하였고, 고속도로 특성상 중앙분리대를 설치하는 것을 고려하여 모든 구간 앞지르기 금지구간으로 설정하여 분석하였다.

(2) 2차로 도로 처리가능 교통량 분석 흐름도

Table 17. Traffic Volume Analysis of Two Lane Highway



(3) 대안1 처리 가능 교통량 산정결과

설계 서비스 수준 "C"로 추월차로 길이 1,500m, 추월차로 간 간격 6,000m의 조건으로 산정한 결과 중차량 30% 수준에서 시간당 630대/시, 1일 10,700대/일로 산정하였다. 따라서 대안1의 처리 가능 교통량은 약 11,000대/일로 한다.

4.4.2. 대안2, 대안3 기준 교통량 산정

(1) 분석방법

도로 용량 편람(국토교통부, 2013) 고속도로 기본 구간 중 공사구간 용량 분석 방법론을 적용하여 적정 교통량을 산정하였다.

길어깨 축소 등 특수 상황을 기준하여 설계서비스 수준 "D"로 분석·수행하였다.

(2) 공사구간 용량 산정식

$$C_{WZ} = C_{jw} \times N \times f_w \times f_{HV}$$

여기서, C_{WZ} = 공사구간의 용량(vph)

$$C_{jw} = j \text{ 설계속도의 공사구간 기본용량 (pcphpl)}$$

$$N = \text{차로수}$$

$$f_{HV} = \text{중차량 보정계수}$$

$$f_w = \text{차로폭 및 측방여유폭 보정 계수}$$

4.4.3. 대안2, 대안3 기준교통량 산정 결과

중차량 구성비 30% 수준으로 가정하고 처리 가능 교

통량은 1,120대/시~1,360대/시, 1일 18,900대/일 ~23,000대/일로 산정되었다. 따라서, 대안2, 대안3의 처리가능 교통량은 약 20,000대/일로 한다. 시뮬레이션 분석결과 공사구간에서 통행속도는 80km/h로 분석되어 서비스 수준 "D"를 유지하였다.

4.5. 대안 적용 시 교통안전 검토

도로의 주요 횡단구성 요소에는 차로, 중앙분리대, 길어깨, 보도, 측도, 식수대, 전용차로가 있다. 본 연구에서는 주요 기본 요소인 차로, 길어깨, 중앙분리대에 대하여 교통안전의 상관 관계를 파악하여 차로 폭 축소 시

에도 최소의 교통안전 수준은 확보하도록 한다.

4.5.1. 도로 횡단 구성요소와 교통안전성 상관관계

차로 폭과 길어깨 폭이 감소하면 도로이탈사고, 측면충돌사고, 후미충돌사고 등이 증가하게 된다.

4.5.2. 차로, 길어깨폭 축소에 따른 잠재적 위험 완화 전략

현장여건상 차로 폭 축소 설계가 진행되는 경우에 최소 안전수준은 확보되도록 다음 표와 같은 완화전략이 수립되어야 한다.

Table 18. Relation between the Road Cross-Section Element and the Traffic Safety

Element	Correlation chart ¹⁾	Characteristics
Lane		<ul style="list-style-type: none"> - Increase of the traffic accident occurrence probability at a 12ft(3.6m) or less lane width - High risk of accident occurrence at a place with a high configuration ratio of cargo vehicles
Right shoulder		<ul style="list-style-type: none"> - Increase of accidents by 10% when the shoulder width is reduced from 10ft(3.0m) to 6ft(1.8m) - 10% of the expressway accidents happen due to vehicles staying on the shoulder
Left shoulder		<ul style="list-style-type: none"> - Increase of accidents when the reference shoulder width is less than 4ft(1.2m)
Median strip		<ul style="list-style-type: none"> - Decrease of accidents at 20ft(6m) or more - Increase of accidents at 10ft(3m) by 5% compared to at 20ft

Data : 1) Reconfigured from TTI(2005), "Roadway Safety Design Synthesis", FHWA/TX-05/0-4703-PI

Table 19. Strategy to Mitigate Potential Risks according to the Contraction of Road Width

Purpose	Potential mitigation strategy
Provision of pre-warnings according to the reduction of the lane width	Signboard, VMS, etc.
Enhancement of standby ability in the lane	Road surface mark paint width source expansion
	Concave road surface mark
	Reflective road boundary mark
	Lighting
	Median strip unevenness
	Shoulder unevenness
Improvement of return ability when the driver deviated from the lane	Safe edge configuration
Reduction of seriousness in accidents when the driver deviated from the road	Fixed object removal and arrangement
	Securing of reserve space outside of the road section
	Breakaway safety hardware
	Installation of shock absorbers
Provision of space for controlled and troubled vehicles	Evacuation lane, platform

Reference : FHWA(2007), "Mitigation Strategies for Design Exceptions" FHWA-SA-07-011

4.6. 적용 대상노선 선정

4.6.1. 광주~완도 고속도로(강진-남해남)

- 연장 : 37.5km
- 교통량 : 9,480~10,527대/일
- 구조물 비율 : 35.7%
- 총공사비 : 8,574억원
- 경제성분석(B/C) : 0.57
- 2008년 기본설계 완료

4.6.2. 함양~울산(북함양~합천호)

- 연장 : 25.1km
- 교통량 : 11,627~20,970대/일
- 구조물 비율 : 73.5%
- 총공사비 : 10,060억원
- 경제성분석(B/C) : 0.8
- 2009년 기본설계 완료

4.6.3. 포항~영덕(북영일만~강구)

- 연장 : 30.9km
- 교통량 : 16,671~17,465대/일
- 구조물 비율 : 39.2%

- 총공사비 : 10,708억원
- 경제성분석(B/C) : 0.44
- 2013년 기본설계 완료

4.7. 대상 노선별 대안별 공사비 산출

대상 노선별 대안별 공사비 산출내역은 Table 20과 같이 산출되었다.

Table 20. Description of the Construction Cost Calculation by Routes

(unit : billion KRW)

Classification	Gwangju~Wando	Hamyang~Ulsan	Pohang~Yeongduk
Standard width source	857.4	1,006.0	1,070.8
Alternative 1	797.3(Δ60.1)	929.6(Δ76.4)	1,010.8(Δ60.0)
Alternative 2	811.8(Δ45.6)	950.3(Δ55.7)	1,024.7(Δ46.1)
Alternative 3	817.2(Δ40.2)	953.5(Δ52.5)	1,028.6(Δ42.2)

4.8. 적용 대상 노선별 경제성 분석

4.8.1. 분석 방법

(1) 편익/비용 비율(Benefit/Cost Ratio : B/C)

- 총 편익과 총 비용의 할인된 금액의 비율 즉, 장래에 발생할 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것이다.
- 일반적으로 편익/비용 비율 ≥ 1 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

여기서, B_i = 매년도 편익

C_i = 매년도 비용

r = 실질 할인율

n = 분석기간

(2) 순 현재가치(Net Present Value : NPV)

- 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준연도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이다.
- 순현재가치 ≥ 0 이면 경제성이 있다는 의미로 해석한다.

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i}, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(3) 내부 수익률(Internal Rate of Return, IRP)

- 편익과 비용의 현재가치로 환산된 값이 같아지는 할인율 R을 구하는 방법으로 사업의 시행으로 인한 순현재가치를 0으로 만드는 할인율이다.
- 내부 수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$IRP: \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

의 조건을 만족하는 i

4.8.2. 경제성 분석 결과

Table 21은 적용대상 노선별 대안별 경제성 분석 결과이다. 대상 노선별 경제성(B/C)을 표준단면과 대안1을 분석한 결과 광주-완도(강진-남해남) 노선은 7%, 함양-울산(북함양~합천호) 노선은 7.5%, 포항-영덕(북영일~강구)노선은 6.8% 증가하는 것으로 분석되었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

유럽이나 일본에서와 같이 장래 일 교통량이 11,000대로 이하로 예측되는 구간은 대안1인 고속도로 표준 차로수를 4차로에서 2차로로 줄이고 앞지르기 차로를 설치하는 방안으로 하면 경제성(B/C)이 약 7% 증가하고, 또한 장래 일 교통량이 20,000대 이하로 예측되는

대안2안과 대안 3안은 표준4차로 고속도로의 길어깨 폭을 3m를 1.0~1.5m로 축소하면 경제성(B/C)이 약 6.8% 증가한다.

앞에서 제안한 대안들은 현재 4차로 이상 표준 고속도로보다 차로 수를 줄이거나 길어깨 폭을 축소함으로써 교통 안전성이 우려되나, 이러한 문제점은 차로 및 길어깨 축소에 따른 잠재적 위험 완화 방안인 구간단속, VMS연동 등 IT기술을 접목하면 교통 안정성을 향상할 수 있다. 그동안 우리나라는 2014년 12월 기준으로 고속도로가 33개 노선에 4,138km가 건설되어 공용중에 있으나(2015년 도로 업무 편람), 교통량이 많거나 적거나, 왕복 4차로 고속도로 이상으로 건설하여 경제 발전에 많은 기여를 하였으나 자연환경 보호지역, 역사적·문화적 자원의 보존지역, 공동체의 가치(지역민원), 건설비용 등에 관계없이 고속도로의 구분을 지방부와 도시부로부터 구분하여 많은 경제적 손실이 발생한 것으로 추정된다.

왕복4차로에 설계속도 80km/h인 대구순환고속도로와 같이 우리나라도 교통량, 환경조건 등을 고려하여 세분화된 고속도로 등급제를 만들어 보다 효율적인 고속도로가 건설될 수 있도록 해야 한다.

REFERENCES

AASHTO, Highway Safety Manual.
 Ben-Bassat, T., D. Shinar(2011), "Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and

Table 21. Result of Economic Efficiency Analysis by Routes and Plans

Classification		Standard cross-section	Alternative by type		
			Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3
Gwangju~Wando (Gangjin~ Namhaenam)	Benefit/cost (B/C)	0.57	0.61	0.60	0.59
	Net present value (NPV)	-320.46 billion KRW	-268.74 billion KRW	-281.54 billion KRW	-285.64 billion KRW
	Internal return rate (IRR)	-3.15%	-1.59%	-1.95%	-2.08%
Hamyang~Ulsan (Bukhamyang~ Hapcheonho)	Benefit/cost (B/C)	0.80	0.86	0.84	0.84
	Net present value (NPV)	-742.37 billion KRW	-463.91 billion KRW	-540.85 billion KRW	-551.85 billion KRW
	Internal return rate (IRR)	3.77%	4.32%	4.16%	4.14%
Pohang~Yeongduk (Bukyeongilman~ Ganggu)	Benefit/cost(B/C)	0.44	0.47	0.46	0.46
	Net present value (NPV)	-501.07 billion KRW	-450.60 billion KRW	-462.60 billion KRW	-466.30 billion KRW
	Internal return rate (IRR)	0.33%	0.71%	0.62%	0.59%

- behavior", Accident Analysis & Prevention Vol.43 Issue 6,pp.2142-2152.
- DFT (British road facility regulation).
- European Commission, "Getting initial safety design Principles right".
- FHWA(1994), "TruckAccident Models", FHWA-RD-94-022.
- FHWA(2007), "Mitigation Strategies for Design Exception", FHWA-SA-07-011.
- Hauer E.(1999), Safety and the choice of degree of curve, Transportation Research Record Issue:1665 IHT Institution of highways and transportation(1990a) Guidelines for Accident Reduction and Prevention. International edition, London Jorgensen National Cooperative Highway Research Program Report No. 197, Transportation Research Board.
- IHT Institution of highways and transportation(19910a) Guidelines for Accident Reduction and Prevention. International edition, London.
- International Symposium on expressway-Geometric Design Practices.
- Japanese road structure ordinance.
- KDI(2008), Standard guideline for preliminary feasibility survey of the road and railroad sector business(5th Ed.).
- KRC(2007.12), 「A study on design hour factors for calculation of the proper number of cars」.
- Lewis-Evans, Ben, Samuel G.Charlton (2006), "Explicit and implicit processes in behavioral adaption to road width", Accident Analysis & Prevention Vol.38,Iss.3,pp.610-617.
- M.H.Park(2014), "A study on the effect(limit effect) of geometrical structures on traffic accidents on expressways", Journal of KTS, Vol.32, No.1.
- MLTM(2009), Rules regarding the structural and facility criterion for roads.
- MLTM(2009), Guideline for evaluation of traffic facility investment, 3rd Rev.
- MLTM(2013), Expressway capacity manual .
- Motorway Act (2011.05.24. Rev.).
- RAS (German road facility regulation).
- Road laws (2011.4.12.).
- Road traffic laws (2011.06.08. Rev.).
- Road plan guideline (2009, KSCE).
- Strathman,J.G.,K.J.Dueker,J. Zhang, and T.Williams(2001). Analysis of Design Attributes and Crashes on the Oregon Highway System. Report No.FHWA-OR-RD-02-01. Portland State University.
- Toll Road Act (2009.12.29 Rev.).
- TTI(2006), "Criteria for Design Speed Facilities", FHWA/TX-07/0-5544-1.
- TTI(2006), "Roadway Safety Design Synthesis".FHWA/TX-05/0-4703-PI.
- Zegeer,C.V.,Mayes, J. and Deen, R.(1981) Effect of lane and shoulder width on accident reduction.