

■ 論 文 ■

사례분석을 통한 도로설계속도 결정방법론 적용성 평가 (기능 재분류와 지형특성 이용)

Evaluation of The Highway Design Speed Determination Process Using Case Studies
(Reclassifying Functions and Terrain Types)

심 관 보

(도로교통안전관리공단 책임연구원)

최 재 성

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

- | | |
|------------------------------|----------------------|
| I. 서론 | 3. 대안별 노선대 비교 |
| II. 기존문헌 고찰 | 4. 대안별 LOS 및 소통상태 평가 |
| III. 사례분석에 이용할 설계속도 결정 기준 | 5. 경제성 분석 |
| IV. 사례분석을 통한 설계속도 결정기준 적용성평가 | 6. 추가대안 검토 및 평가 |
| 1. 평가방법 | V. 결론 및 향후 연구과제 |
| 2. 대안별 설계속도 비교 | 참고문헌 |

Key Words : 설계속도, 기능분류, 지형구분, 지역구분, 경제성분석

요 약

현재 우리나라의 설계속도는 도로의 기능, 지역특성, 지형에 의해 결정된다. 그러나 도로의 기능을 구분하는 뚜렷한 기준이 없어 적정 설계속도 결정에 설계자의 주관적 개입될 여지가 많으며, 설계에 반영되지 못하는 도로기능이 존재하고, 도로가 통과하는 지역 및 지형적 특성을 제대로 반영하지 못하는 실정이다. 최근 이 문제를 개선한 새로운 기능 재분류와 설계속도 결정기준이 제시된 바 있다. 본 연구에서는 최근 제시된 새로운 설계속도 결정기준에 따라 도로를 재설계하고, 통행속도와 공사비, 안전성 등을 조사·분석하여 기존 방법과 새로운 방법이 어떠한 차이가 있는지 사례분석을 통해 적용성을 평가하였다.

연구 결과 설계속도 결정에 있어 새로운 기준이 기존방법에 비해 우리나라의 자연지형과 지역특성을 정확히 고려 하였으며, 설계자의 주관적 판단소지를 크게 줄여주고, 경제적인 방법으로 설계속도와 노선대를 결정하는 것으로 나타났다. 또한 새로운 기준에 따른 설계가 기존 방법에 비해 편익은 약간 적었으나, 공사비가 크게 감소하여 B/C분석, NPV, IRR 에서 모두 우수한 것으로 나타났다. EMME/2 상에서 통행배정 결과 각 구간 LOS는 기존방법과 새로운 방법이 거의 차이가 나지 않았으며, 통행속도에서 약 2~4km/h의 미세한 차이가 있었다.

Currently, highway design speed is determined by considering highway function, area type, and terrain type. Sometimes it is pointed out that determining a reasonable design speed which is both efficient and safe is not an easy task and that practicing engineers often select an unsuitable design speed on purpose, capitalizing on some ambiguous and discretionary expressions in describing the highway design speed. This undesirable problem is arising mostly due to the fact that the current geometric design standard fails to include rolling terrain type and can not reflect the whole characteristics of land use patterns adjacent to the design highway route. A recent research was published considering this problem and it attempted to improve the highway design speed determining process.

In this research project, to see the effects of this recently developed procedure, a new and reduced design speed was calculated based on the new procedure and subsequently another highway design route was selected. The travel time, construction cost, and the expected degree of safety associated with the new route were assessed to be compared with the ones with the existing procedure. As a result, it was found that the new procedure was successful in reflecting the localities such as terrain type and area type into better determining highway design speed, eliminating much of highway engineers' discretion when applying engineering judgments. Also the new procedure is keen to produce a more economical highway project. In other words, despite of producing reduced amount of user benefits accrued, in the new highway route, the construction cost has been cut significantly, leading to higher values in B/C, NPV, and IRR. Also EMME-II output, which provided the link assigned volumes, rendered only a slightly reduced Levels of Service along surrounding links in the study network. This reduction was believed to occur because of lower design speed and it had been expected from the beginning.

I. 서론

우리나라의 도로 기능분류 및 설계속도 결정은 1990년에 제정된 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」이 가장 보편적으로 사용되고 있다. 이 규칙에서 도로의 기능분류와 설계속도의 결정은 AASHTO에서 제정하여 대부분의 국가에서 광범위하게 사용중인 "A Policy on Geometric Design of highway and Streets"에 근간을 두고 있다. AASHTO 기준은 도로의 기능을 구분하는 뚜렷한 기준이 없어 적정 설계속도 결정에 설계자의 주관이 개입될 여지가 많으며, 지역분류가 단순하여 설계에 반영되지 못하는 도로기능이 존재하고, 도로가 통과하는 지역의 지형적 특성과 교통량 등을 적절히 반영하지 못하고 있다.

미국의 50개주, 일본, 독일, 호주, 영국 등 대부분의 국가의 도로설계 과정은 도로 기능분류, 설계속도 결정, 선형 및 횡단면 결정 순서로 이루어져 AASHTO 설계과정과 대부분 유사하다. 기능분류 체계 역시 나라마다 약간 차이는 있으나, 각국 모두 대상지역 토지이용 특성에 따라 도시부와 지방부로 구분하고, 이동성과 접근성 조합에 의해 기능을 결정하고 있다. 그러나 지난 수십년간 여러 국가들은 설계속도를 정확히 산출하기 위해 전통적인 기준¹⁾들을 좀더 정교하게 만들어 왔다. 비록 정도는 차이가 있지만 기능을 세분화하여 다양한 도로의 특성을 반영하고 있으며, 설계속도 결정에도 적절한 보완기준²⁾을 활용하여 설계일관성 및 경제적 효율성을 기하고 있다.

도로 기능분류에 이동기능과 접근기능을 정확히 결정하는 객관적 기준이 없어 불확실한 영역이 존재하는 문제는 우리나라에서도 도로의 기능이 정책적으로 결정되거나 예산에 영향을 받는 등 설계자의 주관이 개입될 여지가 많아지는 문제로 나타났다. 또한 도시부 정의는³⁾ "시가지를 형성하고 있는 지역이나 그 지역의 발전추세로 보아 시가지로 형성될 가능성이 높은 지역"으로 규정하고 있는데⁴⁾, 도시부에 대한 기능구분이 포괄적이어서 도시 공간기능을 구분해 내지 못하고 있다. 지방부의 경우도 작은 도시와 읍, 약간 낮은 인구밀도

로 산재되어 있는 등 다양한 혼합지역들을 같다고 취급하는 문제가 있다.

또한 국토의 70%가 산지인 우리나라에서 설계속도를 평지, 산지 2개의 유형만으로 구분하여 적용하는 것은 지나치게 단순화한 구분으로 보인다. 지형은 도로가 통과하는 지역의 자연지형을 적절히 반영할 수 있도록 좀더 세분화하는 것이 필요하다. 아울러 평지와 산지를 구분하는 기준이 제시되지 않고 있어, 단순히 교통소통만을 강조한 나머지 지나치게 높은 설계속도로 설계하여 도로의 건설비가 증가 하는 원인이 된다.

최근 저자는 도로의 기능분류 및 설계속도 결정에 있어 설계자와 발주처의 주관적 판단여지를 줄이고, 도로가 갖고 있는 고유한 기능 및 지역적 특성을 고려하면서, 해당도로에 가장 적절한 설계속도를 찾을 수 있도록 새로운 설계속도 결정기준을 제시한 바 있다.

본 연구에서는 새롭게 제시된 설계속도 결정기준에 따라 도로 노선을 재설계 해보고, 통행속도와 공사비, 안전성 등을 조사·분석하여 기존 방법과 새로운 방법이 어떠한 차이가 있는지 분석하고 적용성을 평가하는데 그 목적이 있다.

II. 기존문헌 고찰

AASHTO(1965)는 "A Policy on Geometric Design of Highway and Street"에서 설계속도를 "차량의 속도가 도로의 기하구조에 의해서만 영향을 받는 조건에서 도로의 특정구간에서 유지될 수 있는 최대안전속도"로 정의하였으며, 설계속도는 기능, 지역, 지형에 의해 결정하였다. 이러한 정의는 1973, 1984, 1990, 1994년 AASHTO까지 이어졌다.

Krammes(2000)는 호주, 캐나다, 프랑스, 독일, 영국, 스위스에서 설계속도 결정을 위해 적용하거나 선택한 기준들을 비교·검토 한 결과 대부분의 국가들이 설계속도를 적용하기 위해 기존의 기준을 좀더 정밀하게 만들어 왔고, 주행속도의 불일치를 해결하고, 확인하기 위해 선형설계에 반복검토 과정을 이용하고 있음을 발견하였다.

1) 전통적인 기준: 기능, 지역 (도시부와 지방부), 지형 (평지, 산지)

2) 보완기준: 85percentile 주행속도, 도로등급 구분(계획교통량) 등

3) 건설교통부(1999), 도로의 구조시설기준에 관한규칙 2조 10항.

4) 시가지에 대한 정의가 불분명하여 실제로는 인구 5,000명 이상이 거주하는 지역을 도시부로, 나머지 지역을 지방부로 구분하고 있어 인구규모가 작지만 도시화한 지역에 대해 단순히 지방지역으로 구분한다.

Garrick(2000)은 "AASHTO의 기능분류가 도로의 물리적 환경을 도시부와 지방부로 분류하고 있어 도시부에서 도시공간기능을 구분해 내지 못하고, 지방부 환경에서도 마을중심부와 같은 작은 규모의 건물이 들어선 지역을 인식하지 못하는 문제가 발생하므로 설계기준에 유연성을 허용해야 한다고 주장"하였다.

AASHTO(2001)는 다양한 도로에서 주행속도가 설계속도 보다 높아지는 점 등을 고려하여 설계속도 정의를 "도로의 다양한 기하구조 설계특징을 결정하기 위해 선택한 속도"로 바꾸었다. 그리고 설계속도는 도로의 기능, 지역, 지형, 예측 주행속도에 따라 결정하고, 안전성, 이동성, 효율성을 고려해야 한다고 하였다. 그러나 설계속도 결정과정에서 이들이 어떻게 영향을 미치며, 어떻게 고려해야 하는지에 대한 구체적인 기준은 제시하지 못하였다.

FHWA(2001)는 유럽의 환경민감설계의 실질적 접근의 노하우를 배우기 위해 스웨덴, 덴마크, 네덜란드, 영국, 독일을 방문한 후 결과보고서⁵⁾를 작성하였다. 주요 내용은 모든 방문국들이 도로의 목적과 각 도로의 기능분류에 따른 특색있는 도로를 만들기 위해 설계기준을 변경했거나 개정 중에 있었다고 기술하고 있다.

Fitzpatrick and Carlson(2002)은 기능분류, 도시와 지방, 지형의 유형에 따라 설계속도 값의 범위를 결정하고, 도로의 초기선형에 대해 주행속도를 평가하는 반복과정을 통해 최종 설계속도를 결정토록 하는 잠재적 해결방안을 제시하였다.

Neuman(2002)은 "간선도로에 토지이용 밀도가 증가한다면 설계속도는 감소 시켜야 하고, 거주지역을 통과하는 도시부 도로의 설계속도는 보행자의 가능성을 고려하여 같은 기능분류를 갖는 지방부 간선도로 보다 낮은 설계속도를 적용해야 한다"고 하였다.

기능분류 및 설계속도 결정과 관련 국내 연구는 최재성(2004), 심관보(2005)와 심관보, 최재성(2005)의 연구가 있다. 최재성(2004)은 GIS를 이용한 국도의 지형 및 지역분류기준을 제시하였으며, 심관보(2005)는 기능분류에 계획교통량을 반영한 불확실한 영역해소, 지형 및 지역세분화, 시가와 마을통과구간 설계기준을 제시하였다.

최근 심관보, 최재성(2005)은 기능분류의 모호성을 줄이고 경제적 효율성을 반영하기 위한 보완기준 개발, 기능분류의 단순성을 해결하기 위해 도시부 기능구분의 세분화, 분류기준이 없어 설계자에 따라 달라지는 지형과 지역을 분류하는 명확한 기준제시, 설계에 반영되지 못하는 지방부 시가지형성구간에 설계속도와 설계기준 적용의 유연성 방안 등을 제시함으로써 설계속도 결정 과정에 설계자의 주관적 판단 개입여지를 줄이고, 해당 지역의 특성에 적합한 도로가 건설 될 수 있는 방법론을 제시한 바 있다.

III. 사례분석에 이용할 설계속도 결정 기준

본 연구에서 기능재분류와 설계속도 결정기준 적용성 평가를 위해 이용할 새로운 기준은 위 연구들 중 저자가 개발한 새로운 설계속도 결정기준을 이용하였다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

기능분류의 불확실한 영역을 개선하기 위해 계획교통량을 이용하였으며, 계획교통량의 적정 분류기준은 도로종별·노선별 현재 교통량 분포를 분석하고, 심관보(2005)의 설계속도 결정도형⁶⁾의 계획교통량 평균값을 적용하여 결정하였다. 도시부 기능세분화 기준은 도시부를 도심과 외곽으로 구분하여 기존의 기능범주 8개를 총12개로 세분하였으며, 도심의 도시공간 기능을 설계에 반영토록 하고, 지방부 시가지형성구간을 도시외곽 기능에 포함시켰다.

위 연구에서 저자는 읍·면의 마을통과구간 평균길이, 시가지형성구간 보행영향권 등을 분석하여 <표 1>과 같이 시가지형성구간 설계기준을 결정하였다.

<표 1> 지방부 읍·면 시가지형성구간 설계기준

구분	평균 길이	85% 기준	영향권	설계구간길이 최소기준	설계기준
읍	1,600m	1,900m	보행 10분거리 1600m	2km	도시부 설계기준 적용
면	600m	800m	보행 5분거리 800m	1km	

지형구분은 평지, 구릉지, 산지로 세분하고, 분류기

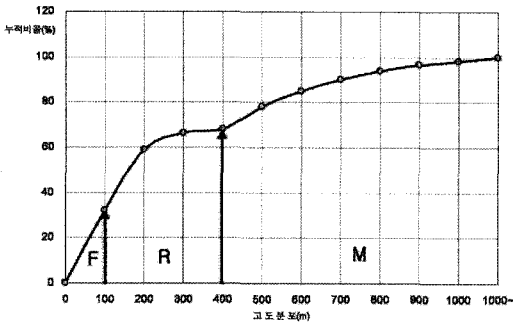
5) FHWA(2001), "Geometric Design Practices for European Roads", U.S. Dept. of Transportation.

6) $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta X_{ij} + \epsilon_{ij}$

$X_{ij} = X_{ij} / 10,000$ ($i = 1, \dots, i ; j = 1, \dots, j$)

여기서 α_i : 기능인자, βX_{ij} : 계획교통량 인자

준은 우리나라 자연지형의 GIS 고도자료를 이용하여 <그림 1>과 같이 지형 분류기준을 제시하였다.

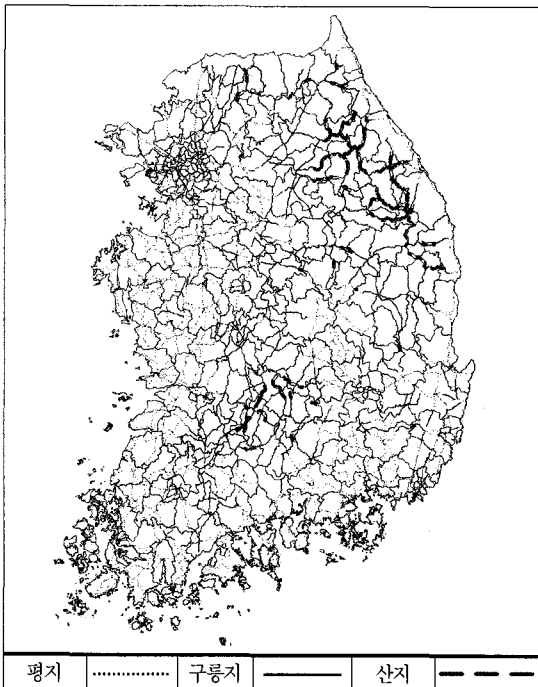


주) F : 평지, R : 구릉지, M : 산지

<그림 1> GIS 고도자료별 지형분류 기준

여기서 고도 100이하는 평지, 100~400m 구릉지, 고도자료의 변곡점인 400m이상을 산지로 구분하였다.

또한 국도 도로망 주제도에 지형 고도자료의 속성을 첨가 하여 <그림 2>와 같은 국도 지형분류 기준안을 제시하였다.



<그림 2> 우리나라 일반국도 지형 분포기준

결론적으로 저자의 새로운 지방부도로 설계속도 적용기준은 <표 2>와 같다. 이 기준의 큰 특징은 기능분

류와 계획교통량을 연결하여 기능분류 모호성을 보완하면서 경제적 효율성을 고려한 부분이다. 또한 지형의 명확한 분류기준을 제시하고, 평지와 산지 사이에 구릉지를 삽입하여 설계속도에 10km/h 규칙이 적용되도록 고려하였다.

<표 2> 지방부도로 새로운 설계속도 적용기준

도로기능분류		계획 교통량	지방부(km/h)		
			평지	구릉지	산지
주간선	고속도로	I 30,000이상	120	110	100
		II 30,000~20,000	100	90	80
	일반국도	20,000이상	80	70	60
보조간선	일반국도	20,000~5,000	70	60	50
	국가지원지방도	10,000~5,000	60	50	40
집산도로	지방도	5,000~500	60	50	40
	국지도로	500미만	50	40	30

한편 도시부도로 설계속도 적용기준은 <표 3>과 같이 도시부를 도심과 외곽으로 세분하여 적용하였으며, 지방부 시가지형성구간을 도시외곽에 포함시켰다.

<표 3> 도시부도로 새로운 설계속도 적용 기준

도로기능분류		도시부 (km/h)	
		도심부	도시외곽
주간선	자동차전용	80	90
	가로	60	70
	보조간선가로	50	60
	집산가로	40	50
	국지도로	30	40

또한 현행 도시부의 자동차전용도로 설계속도 100 km/h 는 현재의 도시고속도로 설계속도와 비교해 볼 때 비현실적으로 판단하여 90km/h로 낮추어 도시외곽에 적용하였으며, 주간선에서 일반가로는 현재 도시부/지방부 구분 없이 80km/h를 적용하고 있어 지역구분의 근본취지와 어긋나므로 10km/h 낮추어 도시외곽에 적용하였다. 아울러 전체적으로 도심은 외곽에 비해 설계속도를 10km/h 낮추어 적용하였다.

N. 사례분석을 통한 설계속도 결정기준 적용성 평가

본 연구에서는 지방부도로의 계획교통량에 따른 설계속도 결정, 도시부 외곽기능 구분, 지형을 평지·구

릉지·산지로 세분화 하는 기준, 마을통과구간 설계반 영기준 등의 적용성을 평가하기 위해 사례 연구노선을 선정하여 기존방법과 새로운 방법을 각기 적용했을때 설계속도와 노선대를 비교하고, 대안별로 공사비와 편익을 산출하여 경제성 분석을 하였다.

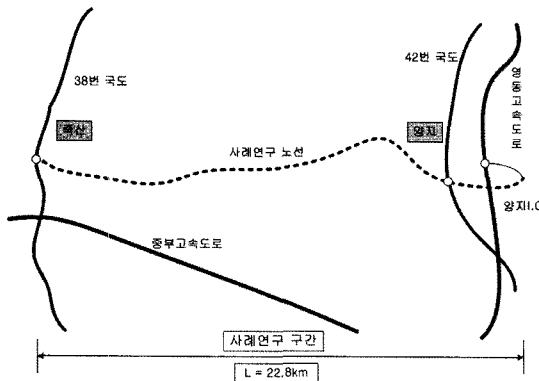
1. 평가방법

대안은 설계속도와 설계기준 결정시 기준에 주로 사용하고 있는 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에서 제시하는 기준을 대안1로 하고, 본 연구에서 평가 하고자 하는 새로운 설계기준을 반영한 안을 대안2로 하였다.

대안 1 : 도로의 구조·시설기준에 관한규칙(2000)
 대안 2 : 본 연구에서 제시하는 새로운 방법

평가방법은 사례노선을 선정하여 대안1과 대안2를 적용 했을때 설계속도를 먼저 결정하고, 그후 서로다른 설계속도별 노선대를 산출하였다. 이를 위해 도로설계(RD: Road Design)프로그램을 이용하여 노선을 재설계하였고, 공사비를 산출⁷⁾하였다. 교통분석용 패키지인 EMME/2 프로그램을 이용하여 대안별 서비스 수준, 통행시간 절감과 차량운행비 절감편익, 교통사고와 환경편익을 산출하고, 공사비와의 B/C분석을 수행하였다.

이를 위해 사용한 사례연구 대상노선은 일반국도로서 <그림 3>에 제시된 노선이데, 기존2차로에서 4차로



<그림 3> 본 연구에서 사용한 사례연구 노선도

로 확장공사가 완료되어 운영중인 국도 17호선의 죽산~양지 구간이다.

대상노선의 도로교통 조건은 <표 4>와 같이 현재의 기준에 따라 지방부, 평지, 구간선 국도에 해당하며 설계속도 80km/h로 4차로 도로로 설계되었다.

<표 4> 사례연구 대상노선의 도로 및 교통조건

도로조건(죽산~양지)				교통조건			
구간 길이	도로 기능	지역	지형	설계 속도	일 교통량	중차량 비율	계획 교통량
22.0 km	구간선 국도	지방부	평지	80 km/h	19,044 (2004년)	8 %	60,728 (2015년)

대상 구간의 실시설계 종합보고서⁸⁾는 <표 5>와 같이 15년 후인 2010년 AADT가 46,009대로 서비스수준 "E"가 되므로 그 시점에서 6차로 확장을 건의하였다. 그러나 2004년의 실제 관측교통량은 예측교통량보다 14,000여대 나 적었다.

또한 현재 교통량 수준은 오히려 공용개시년도 교통량을 약간 상회하는 수준으로 나타났다⁹⁾. 따라서 장래 교통량 추정결과에 대한 신뢰도가 다소 떨어진다.

<표 5> 대상노선의 계획교통량과 실제교통량 비교

연도	예측AADT(설계보고서)	관측 ADT ¹⁾
1995 (공용개시)	16,706	-
2000	25,085	13,277
2001	27,231	14,684
2002	29,563	17,202
2003	31,239	20,521
2004	33,012	19,044
2005 (10년후)	34,888	-
2009	43,529	-
2010 (15년후)	46,009	-
2011	48,633	-
2015 (20년후)	60,728	-

주 : 1) 건설교통부, 교통량 통계연보 자료.

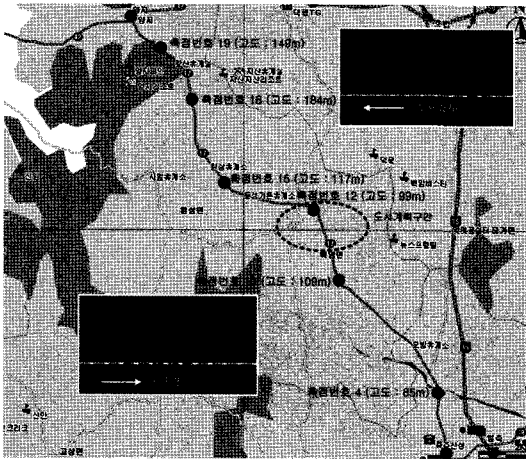
본 연구에서 EMME/2 프로그램을 이용하여 장래 교통량을 재 산출한 결과 2020년 구간별 배정 교통량이 31,225~40,121대에 불과한 것으로 예측되었다.

본 연구에서 제시한 계획교통량 규모에 따른 설계속도 결정기준을 적용하기 위해서는 무엇보다도 정확한

7) 현행 국도건설 표준단가 적용하여 개략공사비(토공, 포장공, 구조물공, 부대공 등) 산출.
 8) 건설교통부, 1992, 죽산~양지간 도로확장 및 포장공사 실시설계 종합보고서.
 9) 단순히 교통량 증가패턴을 적용한 기존의 예측모델을 통한 수요추정은 노선 주변의 신설도로 등에 따른 통행패턴의 변화를 반영하지 못하여 계획교통량을 과다추정하게 되는 경향이 많다.

계획교통량 예측이 선행되어야 함을 알 수 있다.

본 연구에서 사례노선의 각 축점별 고도분포는 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 사례노선의 각 축점별 고도

본 노선의 세부 축점과 고도는 <표 6>과 같다.

<표 6> 사례노선의 세부축점 및 고도

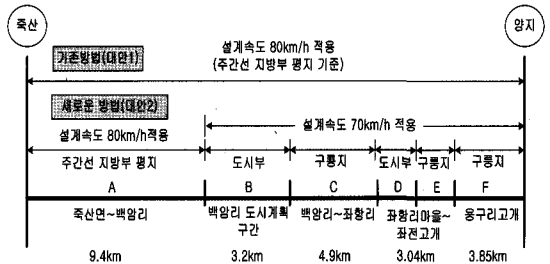
번호	축점	누가거리	고도	거리
1	0+0.06.0000	60	88.2585	
2	0+520.0000	520	98.7157	460
3	1+100.0000	1,100	98.1206	580
4	1+900.4350	1,900	85.3200	800.44
5	2+900.0000	2,900	85.0061	999.57
6	4+200.0000	4,200	94.8419	1,300
7	5+200.0000	5,200	106.3039	1,000
8	6+400.0000	6,400	100.4347	1,200
9	7+500.0000	7,500	108.7034	1,100
10	8+500.0000	8,500	109.1204	1,000
11	9+600.0000	9,600	99.3997	1,100
12	11+000.00	11,000	99.9919	1,400
13	12+000.00	12,000	104.0739	1,000
14	13+000.00	13,000	107.3279	1,000
15	15+000.00	15,000	117.9339	2,000
16	16+000.00	16,000	119.469	1,000
17	18+000.00	18,000	162.5929	2,000
18	19+000.00	19,000	184.3079	1,000
19	20+700.00	20,700	149.9135	1,700
20	21+000.00	21,000	152.3381	300



<그림 5> 축산~양지 구간 종단면도

2. 대안별 적용 설계속도 비교

국도17호선중 안성군 이죽면 죽산리에서 용인군 내사면 양지리간 22.87km에 대해 2차로도로를 4차로로 확장하기 위해 적용한 도로의 설계속도는 <그림 6>과 같다. 기존방법에 따라 설계된 노선은 주간선, 지방부, 평지를 기준으로 하였으며, 전체노선에 대해 설계속도 80km/h를 적용하였다.



<그림 6> 구간별 설계속도 비교도

한편 본 연구진이 개발한 새로운 방법에 따라 적용한 구간별 설계속도는 <그림 6> 및 <표 7>과 같다.

새로운 방법은 시점부인 국도38호선과 교차하는 죽산리에서 백암리간 9.4km는 기존방법과 동일하게 주간선도로, 지방부, 평지기준에 따라 설계속도 80km/h를 적용하고, 백암리부터 국도42호선과 접속되는 종점부까지 13.4km구간은 설계속도 70km/h를 적용하였다.

<표 7> 새로운 방법에 따른 구간별 적용 설계속도

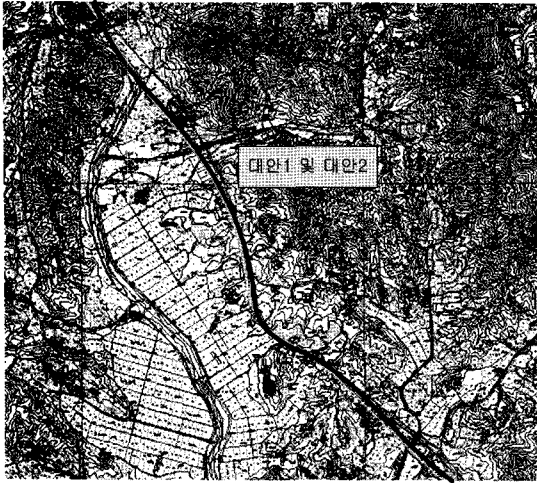
구간	새로운 방법		
	노선대	설계속도 적용기준	설계속도
A	기준도로이용	주간선, 지방부, 평지	80
B	도시계획도로	주간선, 도시부 외곽	70
C	기준도로이용	주간선, 지방부, 구릉지	70
D, E	기준도로이용	도시부외곽, 지방부, 구릉지	70
F	기준도로이용	주간선, 지방부, 구릉지	70

대안1은 전체노선을 지방부 평지로 하여 80km/h의 설계속도를 적용함에 따라 많은 구간에서 신설노선을 계획하였으나, 대안2는 새로운 기준에 따라 설계속도 70km/h가 적용되어 대부분 기준도로를 이용하는 방향으로 노선대가 결정되었다. 또한, 대안2의 설계속도 변경구간의 경우도 인접한 설계구간 간의 설계속도 차이가 발생하지 않아 설계일관성 측면에서 문제가 없는 것으로 판단된다.

3. 대안별 노선대 비교

① 죽산면 ~ 백암리 구간(0+000-9+400)

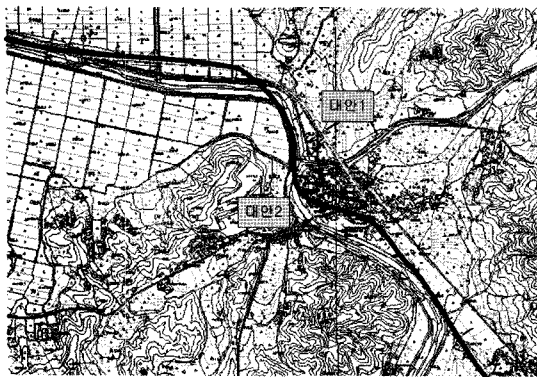
본 구간은 일부구간의 선형개량을 통해 대안1과 대안2 노선이 동일하게 기존도로를 활용 하였다.



〈그림 7〉 죽산면~백암리 구간 노선

② 백암리 도시계획구간 (9+400-12+600)

용인군 외서면 백암리는 도시계획이 수립된 지역으로 평지부에 위치하고 있어 평면 및 종단선형은 매우 양호하다. 대안1은 도시계획구간을 우회하는 도로로 계획하였으나, 대안2는 새로운 기준에 따라 도시계획도로를 이용하는 통과노선으로 선택되었다.



〈그림 8〉 백암리 도시계획구간 노선대

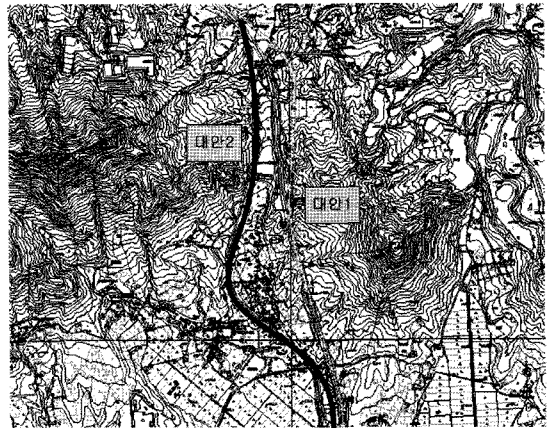
백암리의 도시계획이 끝나는 지점부터 좌향리 마을 전방까지 4.9km 구간은 고도 100m 이상의 구간으로 이루어져 대안2에서는 구릉지 기준을 적용하여 설계

속도 70km/h를 적용하였다.

③ 좌향리 마을과 좌전고개 (17+500-20+540)

원삼면 좌향리 마을은 가옥이 밀집된 구간이며, 이 구간을 지나면 곧바로 좌전고개에 이르는데 이구간은 전반적으로 선형이 불량하다.

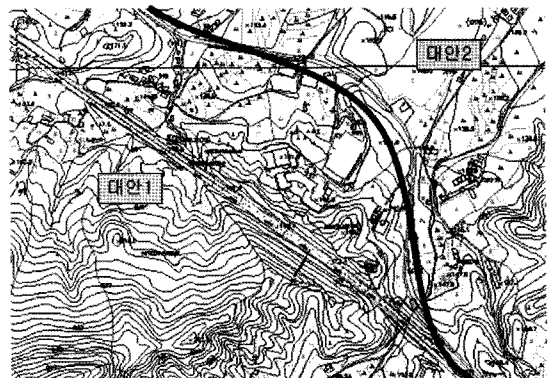
대안1 노선은 태봉산을 절개하는 노선을 선택 하였으나, 대안2 노선은 기존도로를 이용하는 노선대로 결정되었다. 좌향리 마을은 도시부 통과노선으로 설계하고 보도를 설치토록 하였다.



〈그림 9〉 좌향리 마을과 좌전고개 노선대

④ 용구리 고개구간(19+200-22+955)

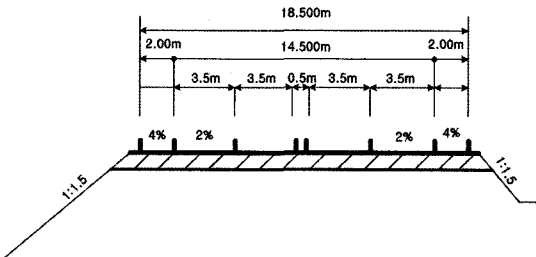
전구간에 걸쳐 선형이 가장 불량하다. 기존도로의 평면선형은 R=150m의 평면곡선과 S=-0.621% 급경사가 존재한다. 대안별 노선대를 비교하면 대안1은 신설노선을 검토하였으나, 대안2는 기존도로를 선형개량하여 이용하는 쪽으로 노선대가 결정되었다.



〈그림 10〉 용구리 고개 노선대

대안1 노선의 경우 산지부 대절토가 발생하고 자연 환경파괴가 매우 큰 반면에 대안2 노선은 주변환경과 조화를 이룰 수 있는 방향으로 노선대가 결정되었다.

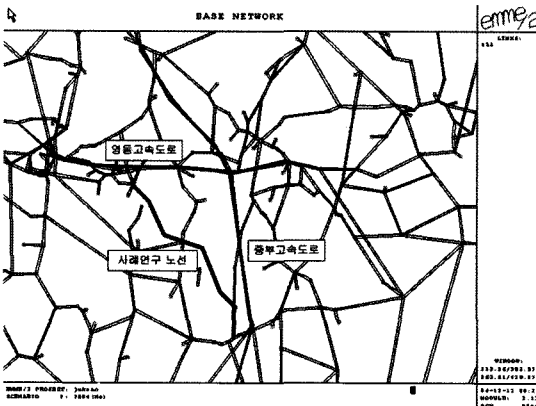
본 연구에서는 설계속도 70km/h를 적용하는 경우에도 가능한 규정된 값 이상을 적용하여 도로이용자가 안전하고 쾌적한 주행이 되도록 하였다. 본 연구에서 대안 1, 2 노선의 본선 표준 횡단면은 <그림 11>과 같다.



<그림 11> 본 연구에서 검토한 본선의 표준횡단면도

4. 구간별 LOS 및 소통상태 평가

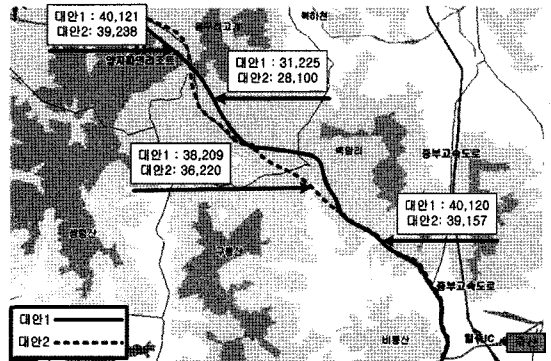
본 연구에서 이용된 O-D 및 네트워크는 「2003년 국가교통DB구축사업, 2004. 교통개발연구원」에서 제시한 1,141개 소준으로 구축된 수도권 O-D 및 네트워크를 기본으로 하였다. 사용한 준은 경기남도 영향권으로 45번 용인시, 47번 이천시, 56번 안성시이다. 여객·화물 통행량은 여객의 수단별 O/D를 이용하여 본 과업의 준 체계에 맞게 재구축하고, 여기에 수단별 재차인원을 적용하여 차량단위의 O/D를 산출하였다.



<그림 12> EMME/2 상에서의 기준년도 네트워크

<그림 12>는 기준년도 네트워크이다. 영향권 안에 있는 주요도로는 중부고속도로, 영동고속도로 및 국도 42호선, 38호선, 329, 326 지방도 등이 포함된다.

기준년도 네트워크를 관측교통량과 배정교통량이 한계오차 15% 이내에 들도록 "calibration" 하였다. 각 대안별 배정결과는 <그림 13>과 같으며 대안2가 다소 적게 추정 되었다¹⁰⁾.



<그림 13> 2020년도 기준 각 대안별 예측교통량

새로운 기준의 적용성을 알아보기 위해 주요 대상 구간을 선정하여 각 구간별로 <표 8>과 같이 LOS를 산정하였다. LOS 산정기준은 도로용량편람에서 제시하는 다차로도로 기준인 평균통행속도로 하였다.

<표 8> 대안1의 구간별 속도 및 LOS

구 간	대안1			대안2		
	설계 속도	구간 속도	LOS	설계 속도	구간 속도	LOS
죽산면~백암리	80	72	A	80	72	A
백암리도시계획구간	80	69	B	70	66	B
백암리~좌향리 입구	80	73	A	70	70	A
좌향리마을,좌전고개	80	69	B	70	65	B
용구리 고개	80	68	B	70	65	B

기존노선을 이용할때 가장 큰 문제 중에 하나는 장래에는 교통량이 늘어남에 따라 LOS가 떨어질 수 있다는 것이다. 그러나 본 연구의 분석결과는 2020년도에 대안2의 각 구간별 LOS는 대안1과 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 단지, 구간평균통행속도에서 약 2~4km/h 정도 감소하고 있는 것으로 밝혀졌다.

10) 연구 대상 사업은 도로사업이므로 사업완료 후 20년간 5년 단위로 분석하였으며, 개통년도가 2010년이므로 2010년, 2015년, 2020년도에 대해 분석하였다.

5. 경제성 분석

경제성 분석은 분석을 시행하는 시점의 전년도를 평가 기준년도로 하도록 예비타당성조사 표준지침¹¹⁾에서 규정하고 있으므로, 본 연구에서도 기준년도는 2004년이고, 편익 및 비용의 가격도 2004년 가격으로 경제성 분석을 수행하였다. 통행시간 절감편익은 1인당 GNI¹²⁾ 상대지수를, 차량운행비 절감편익에는 소비자 물가지수를 적용하여 산출하였다. 할인율은 한국개발연구원(KDI)에서 제시한 7.5%를 적용하였으며, 분석기간은 도로사업의 일반적 경제성 분석기간인 개통후 20년까지로 하고 있으나, 본 연구에서는 분석기간을 2020년으로 한정하였다.

1) 공사비 산출

사업비 산출항목은 공사비, 용지보상비, 부대비로 구분된다. 본 연구에서는 사업비중 지배적이고, 민감한 항목인 공사비와 부대비만을 대상으로 적용 사업비를 산출하였다. 공사비 산출결과 대안 1의 km당 공사비는 100억 3천5백만원으로 일반국도의 km당 평균공사비 단가¹³⁾

〈표 9〉 대안별 물량과 세부 공사비 내역

대안	구분	물량	금액(백만원)
대안1	토공	깎기(m ³)	1,334,661
		쌓기(m ³)	1,985,642
	포장공(m ²)		4,200
	구조물공	교량공(개소)	9
		배수관공(m)	4,157
		수로암거(m)	2,527
		통로암거(m)	2,449
	순공사비 계		143,905
	부대비 포함		152,539
	총공사비		228,808
대안2	토공	깎기(m ³)	814,661
		쌓기(m ³)	1,925,642
	포장공(m ²)		3,800
	구조물공	교량공(개소)	7
		배수관공(m)	3,897
		수로암거(m)	2,378
		통로암거(m)	2,189
	순공사비 계		115,091
	부대비 포함		121,996
	총공사비		182,994

110억(용지보상비 제외)에 비해 약간 낮게 나타났다.

대안별 물량 및 공사비 내역은 〈표 9〉와 같다. 대안 2의 공사비가 대안1에 비해 약 458억 정도 적게 드는 것으로 나타났다.

2) 편익산출

본 연구에서 사업을 시행함으로써 파생되는 편익은 지배적 항목인 차량운행비 절감, 통행시간 절감, 교통사고 감소, 환경비용 감소 편익이다. 편익 산출결과는 〈표 10〉과 같다.

〈표 10〉 대안1의 년도별·편익 항목별 비교

(단위: 백만원/년)

대안	연도	차량운행비 절감편익	통행시간 절감편익	교통사고 감소편익	환경비용 감소편익	총편익
대안1	2010	15,223	22,130	300.9	1,770	39,423
	2015	17,242	23,178	321.3	1,882	42,623
	2020	22,543	25,615	333.5	2,043	50,534
대안2	2010	14,982	21,897	310.2	1,792	38,981
	2015	16,998	22,167	326.3	1,895	41,386
	2020	21,928	24,872	338.2	2,052	49,190

차량운행비와 통행시간 절감편익의 경우 대안1이 대안2에 비해 높았다. 그러나 사고비용 절감편익은 대안 2가 대안1 보다 크게 산출되었다. 그 이유는 전체적인 설계속도의 하향에 의한 교통사고 사망 및 부상 심각도가 낮아졌기 때문으로 판단된다. 환경비용 절감편익 역시 대안2가 대안1보다 높았다.

3) 경제적 타당성 분석

B/C 비의 경우 대안2가 좌항리 마을통과구간 3km에 용지보상비¹⁴⁾를 적용¹⁵⁾하였음에도 B/C 비는 1.38로 대안1의 1.16보다 좋은 것으로 나타났다. 각 대안별 B/C 비율은 〈표 11〉과 같다.

〈표 11〉 각 대안별 B/C 비율 (단위 : 백만원/년)

구분	대안1	대안2
총편익	219,763	214,765
총비용	189,383	155,643
비용편익비(B/C)	1.16	1.38

11) 한국개발연구원, 2001, 도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판), 141쪽.

12) GNI : 국민총소득, 2003년 1인당 GNI 12,646\$

13) 건설교통부, 2002, 도로업무편람.

14) 용지보상비는 km당 17억으로 계산하여 포함(2002, 도로업무편람 참조).

15) 1안과 2안 비교시 공사비에 용지보상비를 적용하지 않음에 따른 논란의 소지를 줄이기 위해 2안의 마을통과노선 3km구간에 대해 용지보상비를 적용하여 경제성 분석을 하였다.

순 현재가치NPV)와 내부수익률(IRR) 역시 <표 12>과 같이 대안2가 대안1보다 우수한 것으로 나타났다.

<표 12> 각 대안별 NPV 및 IRR(단위 : 백만원)

구분	대안1	대안2
NPV	30,380	59,121
IRR	9.67%	12.32%

6. 추가대안 검토 및 평가

본 연구에서는 추가적으로 한가지 사항을 더 검토했다. 즉 도로노선은 같고, 설계속도 결정방법만 달리하여 노선을 검토 하는 것이다.

이 검토에서 비교 대안1은 앞 절에서와 동일하게 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에서 제시하는 기준을 대안1로 하고, 대안1과 동일한 노선을 이용하지만 본 연구에서 제시하는 새로운 기준을 반영한 안을 대안3으로 하였다.

본 연구에서 사례노선 선정은 국도 km당 공사비가 23억 수준이었던 1990년대 초반에 설계한 노선대를 선정하여 미세한 비교를 하고자 하였다¹⁶⁾.

다음은 본 연구에서 사용한 두가지 설계속도 결정방법이다.

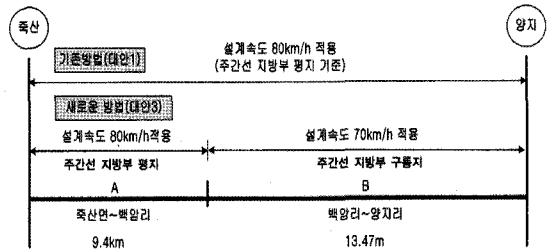
대안 1 : 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙에 따라 설계된 노선
대안 3 : 대안1에 새로운 지형구분 기준을 반영

대안3은 대안1의 노선대와 동일하지만 새롭게 설계속도가 바뀌는 구간에는 중단선형과 평면선형을 달리 적용하여 공사비 및 편익을 산출 하였다.

1) 설계속도와 노선대 비교

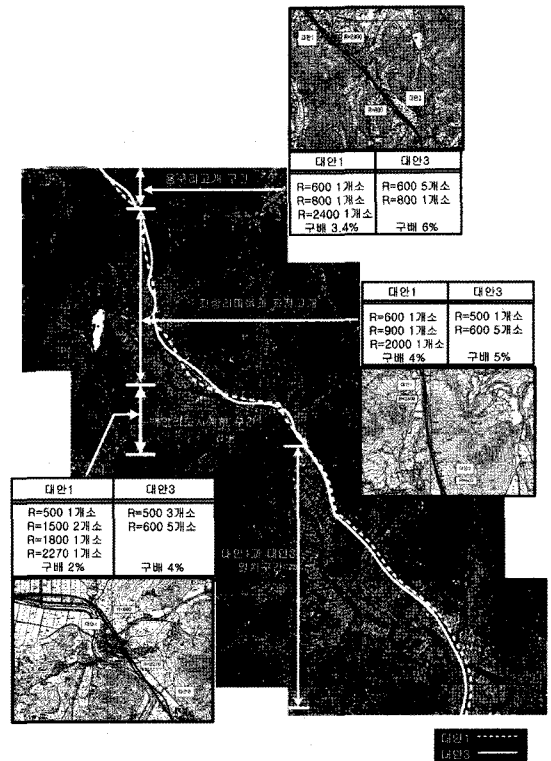
기준방법에 따라 설계된 노선은 구간선, 지방부, 평지를 기준으로 하였으며, 전구간이 설계속도 80km/h를 적용하였다.

새로운 방법인 대안3은 백암리부터 국도42호선과 접속되는 양지리의 중점부까지는 구간선도로, 지방부, 구릉지 기준¹⁷⁾에 따라 설계속도 70km/h를 <그림 14>와 같이 적용하였다.



<그림 14> 각 구간별 설계속도 비교

대안1과 대안3은 노선대가 동일하다. 그러나 지형의 고도가 100m 이상이 되는 백암리부터 13.47km 구간은 새로운 기준에 따라 설계속도와 설계기준이 바뀌어 적용되었다. 자세한 내용은 <그림 15>와 같다.



<그림 15> 대안별 노선대 비교

2) 경제성 분석

대안1의 공사비는 앞 절의 <표 9>와 동일하고, 대안3의 공사비 산출 결과는 <표 13>과 같다. 토공에서의

16) 노선대 선정시 최근에 건설된 국도를 대상으로 하는 경우 터널과 교량 등의 구조물 비율이 높아 공사비 차이가 너무 크게 발생하여 객관적 B/C 비교가 곤란해지는 한계가 있다.
 17) 앞 절의 <표 6>에 따르면 측점번호 10의 고도는 108m.

변화로 인해 대안3의 공사비가 239억 정도 적게 드는 것으로 나타났다.

〈표 13〉 대안3의 물량과 세부 공사비 내역

구분		물량	금액(백만원)
토공	깎기(m ³)	1,007,022	30,210
	쌓기(m ³)	2,002,226	40,044
포장(m ²)		4,000	14,000
구조물공	교량공(개소)	9	11,714
	배수관공(m)	4,012	1,944
	수로암거(m)	2,148	16,919
	통로암거(m)	2,167	13,997
순공사비 계			136,560
총공사비(부대비 포함)			204,840

산출한 편익을 대안별로 살펴보면 대안1이 대안3보다 우수한 것으로 나타났다. 대안1의 편익은 앞 절의 〈표 10〉과 같고, 대안3은 〈표 14〉와 같다.

〈표 14〉 대안3의 연도별·편익 항목

(단위: 백만원/년)

연도	차량운행비 절감편익	통행시간 절감편익	교통사고 감소편익	환경비용 감소편익	총편익
2010	14,982	21,897	303.6	1,786	38,968
2015	16,998	22,167	324.2	1,889	41,378
2020	21,928	24,872	335.9	2,049	49,184

비용효과 분석결과 대안3의 편익·비용비가 1.27로 대안1의 1.16 보다 좋은 것으로 나타났다. 각 대안별 B/C 비율은 〈표 15〉와 같다.

〈표 15〉 각 대안별 B/C ratio (단위: 백만원/년)

구분	대안1	대안3
총편익	219,763	214,719
총비용	189,383	169,547
비용편익비(B/C)	1.16	1.27

순현재가치(NPV)와 내부수익률(IRR)은 〈표 16〉과 같이 대안3이 대안1보다 우수한 것으로 나타났다.

〈표 16〉 각 대안별 NPV 및 IRR (단위: 백만원)

구분	대안1	대안3
NPV	30,380	45,172
IRR	9.67%	11.00%

설계속도를 80km/h에서 70km/h로 낮추어 설계기준을 적용한 결과 공사비가 10.5% 줄었고, 구간통행

속도는 2~4km/h 감소하였다. 이는 Mclean의 연구와 유사한 결과를 나타내고 있다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서 사례연구를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

(1) 설계속도 결정에 있어 새로운 기준이 기존방법에 비해 우리나라 자연지형과 지역특성을 정확히 고려하였으며, 경제적인 방법으로 설계속도와 노선대를 결정하였다. (2) 새로운 기준에 따른 설계가 기존방법에 비해 편익은 약간 적었으나, 공사비가 크게 감소하여 B/C분석, NPV, IRR 에서 모두 우수한 것으로 나타났다. 그러나 자연환경 및 지역공동체 생활환경, 주변 경관 보존 등의 무형적 부분을 고려 한다면 이러한 가치는 더욱 클것으로 판단된다. (3) EMME/2에서 통행배정 결과 각 구간 LOS는 기존방법과 새로운 방법이 크게 차이가 나지 않았다. (4) GIS 고도자료 및 네트워크 자료를 이용하여 평지·구릉지·산지를 적용함에 따라 기존의 경제성 분석 절차에서 보다 속도산출이 정확해져, 정확한 차량운행비용 산출이 가능하였다. (5) 지형과 마을통과구간에 따른 링크의 함수식이 달라짐으로 인해 주변 도로의 수요예측이 보다 정확하게 산출될 수 있게 되었다.

본 연구에서 제시한 기준은 극복해야 할 몇가지 한계점을 내포한다. 다양한 노선대를 고려하지 못한 점과 환경비용 절감편익 산출시 환경과피, 경관적인 요인, 마을 지역공동체 생활환경 개선 등의 지표를 반영하지 못한 부분은 추후 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 심관보(2005), "기능재분류와 GIS-T를 이용한 도로 설계속도 적정화 방안", 서울시립대 박사학위논문.
2. 심관보·최재성(2005), "기능재분류와 지역특성을 고려한 설계속도 적정화방안", 대한교통학회지, 제 23권 제6호, 대한교통학회, pp.7~18.
3. 최재성(2004), "국도확장사업을 위한 적정 도로설계 방안 연구", 교통정책연구, 제11권, 제1호, 교통개발연구원, pp.51~69.
4. 건설교통부(1992), 축산~양지간 도로확장 및 포

- 장공사 실시설계 종합보고서.
5. 한국개발연구원(2001), 도로부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판).
 6. 한국개발연구원(2002), 공공투자사업의 예산관리의 효율화 방안(Ⅱ), 국도건설비합리화 방안.
 7. AASHTO(2001), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington, D.C.
 8. Fambro, D.B., et. al.(1997), "Determination of Stopping Sight Distances", NCHRP Report 400, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
 9. FHWA(2001), "Geometric Design Practices for European Roads", U.S. Dept. of Transportation, Washington, D.C, p.1.
 10. Fitzpatrick, K., Carlson, P. J.(2002), "Selection of Design Speed Values", In Transportation Research Record 1796, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.3~11.
 11. Garrick, N. W.(2000), "Street Design and Community Livability", Proceeding of Urban Transportation 2000, Connecticut Transportation Institute, USA.
 12. Krammes, R. A.(2000), "Design Speed and Operating Speed in Rural Highway Alignment Design" In Transportation Research Record 1701, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.68~75.
 13. Neuman, T. R., et. al.(2002), "A Guide to Best Practices for Achieving Context Sensitive Solutions", NCHRP Report 480, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp.45~70.

♣ 주 작성자 : 심관보

♣ 교신저자 : 심관보

♣ 논문투고일 : 2006. 2. 14

♣ 논문심사일 : 2006. 3. 20 (1차)
2006. 3. 28 (2차)

♣ 심사판정일 : 2006. 3. 28

♣ 반론접수기한 : 2006. 8. 31