

# 의사결정체계를 이용한 노선 선정에 관한 연구

## A Study on Route Location Using Decision Support System

노태호<sup>1)</sup> · 서동주<sup>2)</sup> · 이종출<sup>3)</sup>

Roh, Tae Ho · Seo, Dong Ju · Lee, Jong Chool

### Abstract

This study presented the route location method by applying AHP and evaluating quantitatively. This study developed the program that can be easily applied to this kind of road design, and built the decision support system for route location. The study results are summarized as follows ; We could quantitatively evaluate the appropriateness of exiting routes by applying the AHP based on GIS. If we apply this to the roads that will be newly constructed, we can make the objective and reliable route location when making road plans and basic designs. We improved the technique of route location by applying the decision support system with third-dimensional data, which considers even the vertical alignment plan, to the existing decision support system with second-dimensional data. And, since we can set those data such as vertical slope, earth-volume, structure size, location and construction cost to independent variables, we can make road designs more scientifically and reasonably.

Keywords : route location, decision support system, GIS, vertical slope

### 요 지

본 연구에서는 계층분석과정에 대한 노선 선정에 요구되는 자료들을 추출 및 이용하여 합리적인 노선 선정의 방법을 제시하였다. 선정된 노선의 결과를 GIS를 이용하여 시각화 및 분석하였으며, 종단선형을 고려한 선형 프로그램을 개발 및 구축하였다. 이러한 연구를 요약하면 GIS 기반의 계층분석과정을 응용하여 생성된 노선을 기준으로 기존 노선의 적정성에 대한 평가를 정량적으로 할 수 있었으며, 신설될 노선에 적용하면 도로 계획 및 기본 설계에 객관적이고 신뢰성 있는 노선의 평가를 할 수 있었다. 기존의 2차원적 정보에 의한 의사결정시스템에서 종단계획까지 고려한 3차원 정보에 의한 의사결정시스템을 적용함으로써 노선 선정기법을 향상시켰고 종단경사, 토공량, 구조물 규모와 위치, 공사비 등의 정보를 독립 변수로 할 수 있으므로 더욱 과학적이고 합리적으로 도로 설계를 할 수 있었다.

핵심용어 : 노선 선정, 의사 결정 체계, GIS, 종단경사

## 1. 서 론

일반적으로 도로의 공급은 국가재정사업으로 이루어지며, 지역에 대한 개발은 도로의 위치와 연관되어 계획되거나, 지역개발에는 도로건설이 필수적으로 따라오는 경우가 대부분이다. 그러므로 노선을 선정할 때에는 연도 지역의 환경 및 사회적 영향, 국토의 균형적인 발전과 호

울적인 이용, 유지관리 등 다양한 측면들을 고려하여 매우 신중을 기울여서 검토해야할 과제이다. 노선 선정 작업은 다양한 결정 요인과 변수들이 작용하며, 또한 전문가의 숙련된 경험 및 이론과 방대한 자료들을 요구함과 동시에 많은 시간과 경제성을 요구하고 있으며, 최근에는 이러한 요소와 자료들을 이용하여 합리적인 노선 선정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Xu et al., 1995 ; Cheng et

1) 연결저자 · 정회원 · 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사(E-mail:rth1348@mail1.pknu.ac.kr)

2) 정회원 · 부경대학교 대학원 토목공학과 공학박사(E-mail:dpsdj@mail1.pknu.ac.kr)

3) 정회원 · 부경대학교 건설공학부 토목공학과 교수(E-mail:jclea@pknu.ac.kr)

al., 2001 ; 이형석, 2001). 하지만, 의사결정으로 취득된 노선들이 평면선형에서 거의 결정되는 경우가 많았으며, 종단선형의 고려는 극히 미흡한 실정이었다. 따라서, 본 연구에서는 GIS 기반의 계층분석과정으로 선정된 평면 선형을 분석함과 동시에 이를 기반으로 종단선형의 설계를 종단경사 변화에 의한 다각적인 방법으로 분석하여 합리적이며, 신속한 노선 선정의 방법을 제시하고 평가하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 2. 노선 선정의 영향 요소

노선의 선정은 도로를 매개체로 흘러가는 교통류에 대하여 일정한 선형을 부과하여 도중의 통과위치를 결정하는 작업으로서 노선을 결정하고 그에 대한 평가를 할 때, 사회적, 경제적, 기술적 요인의 세 가지 측면을 평가하고, 평가결과에 따라 최적노선을 선정한다.

사회적 요인은 도로가 교통망의 개선을 통해 지역사회에 가져오는 의의를 평가하는 것으로서 다른 개발계획을 함께 고려하여 해당지역에 가져오는 효과를 검토한다.

경제적 요인은 도로계획의 타당성 여부를 건설비와 유지관리비 등의 투자측면과 그 투자에 따른 경제적인 편익에 대해서 계량적으로 평가한다.

기술적 요인은 도로계획의 기술적 요인은 자동차의 흐름을 처리하기 위한 교통 기술적인 측면과 그것을 자연조건과 대응시켜 구조적으로 정착시키기 위한 구조기술적인 측면으로 나누어 검토한다(건설교통부, 1999).

## 3. 계층분석과정

계층분석과정(AHP ; Analytic Hierarchy Process)은 1960년대 Tomas. L. Saaty에 의해 개발되었다. 이는 인간이 의사결정을 할 때 두뇌가 단계적 또는 위계적으로 분석과정을 활용한다는 점에서 착안하여 개발된 이론으로서, 의사결정의 전 과정을 여러 단계로 분류한 후 이를 단계별로 분석함으로써 최종적인 의사결정에 도달하는 방법이다(Saaty, 2000).

계층분석과정의 장점은 어떠한 목적에 대하여 의사결정을 하기까지의 대안에 대한 평가를 객관적, 주관적 요소를 모두 포함하여 평가할 수 있는 다차원 변수를 고려할 수 있다는 점과 정성적 기준과 정량적 기준을 동시에 사용하여 판단하고자 하는 목적을 수학적 논리성을 이용

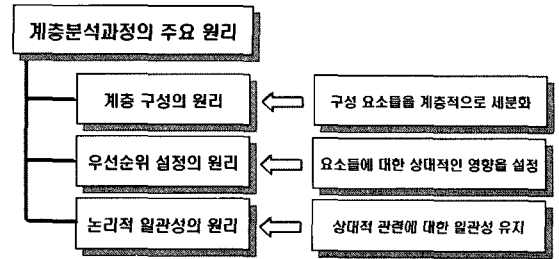


그림 1. 계층분석과정의 원리

하여 객관화할 수 있다는 점이다. 즉, 계층분석과정은 어떠한 목적에 대하여 해결하고자 하는 요소들을 차츰 작은 요소들로 분해하여 최종 목적을 얻고자 하는 Tree 형식의 의사결정체계이다. 계층분석과정은 일반적으로 그림 1과 같은 세 가지의 원리가 적용된다.

## 4. 노선 선정

### 4.1 연구방법과 적용범위

노선 선정에 필요한 항목들과 세부요소들을 결정하기 위하여 관련된 자료들을 조사 및 수집하여 고려해야할 항목과 요소들에 대해서 정리를 하였다.

노선 선정에 대한 결정 방법을 계층분석과정을 적용키로 하고, 정성적 자료인 항목과 요소들을 정량적 자료로 변환하였다. 다음 단계는 임의의 연구대상지역을 선정하였으며, 선정된 연구대상지역을 GIS 기반의 자료로 활용하기 위하여 노선 선정과 관계가 있는 지형도, 정밀도양도, 지질도, 토지이용도, 토지특성도, 지적도 등을 수집하였고, 이러한 주제도를 계층분석과정의 각 항목과 요소별로 가중치를 분류하여 구축하였다.

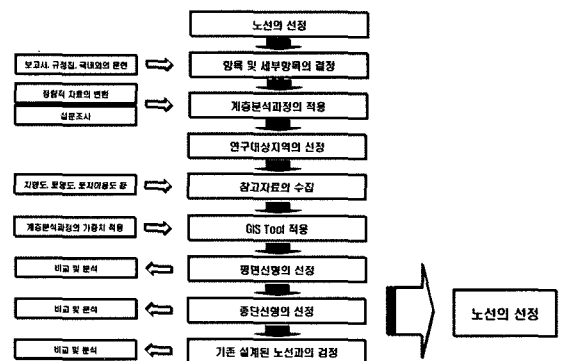


그림 2. 연구수행의 과정

구축된 자료들은 GIS 프로그램인 ArcView를 이용하여 평면선형의 선정 및 시각화하였다. 선정된 평면 선형에 의해 중단 경사의 변화를 통한 중단 선형을 선정하여 비교 분석하였고, 토공량을 산정함으로써 최적의 노선을 도출하였다. 끝으로 이미 설계가 된 기존의 노선과 비교 분석함으로써 이러한 체계에 대한 효용성에 대하여 평가하였다. 이러한 일련의 과정들은 그림 2와 같다.

## 4.2 자료의 분류

### 4.2.1 계층분석과정의 구조

계층분석과정을 통한 평면선형 대한 설계과정을 그림 3과 같이 구성하였다.

첫 번째, 평면 선형의 선정이라는 목적을 가지고 목적에 부여되는 각 항목에 대하여 계층을 구성하였다. 두 번째, 계층 속에 있는 항목에 대하여 우선순위의 설정과 가중치를 선정하였으며, 세 번째는 우선순위의 설정과 가중치에 대한 일관성을 검토하였다. 만약, 일관성이 결여된다고 판단되면 계층의 분류는 일관성을 유지하도록 항목에 대한 우선순위, 가중치를 재설정하게 된다. 이러한 단계를 거쳐서 최종 목적에 대한 결과를 얻을 수 있다.

### 4.2.2 계층분석과정의 적용

본 연구에서 계층분석과정을 적용하기 위한 항목 및 세부항목에 대한 연결도는 그림 4와 같이 구축하였다. 노선의 선정에서 고려해야 할 주요항목은 경제적, 기술적, 사회·환경적 3가지로 설정하며, 각 항목의 세부항목들은 경제적 측면에서는 건설비, 지가, 차량의 운행비 및 시간, 도로의 유지비로 설정하였으며, 기술적 측면의 세부항목은 적절한 선형의 조합, 시공의 용이성, 연약지반, 운행의 안전성으로 설정하였으며, 사회·환경적 측면의 세부항목

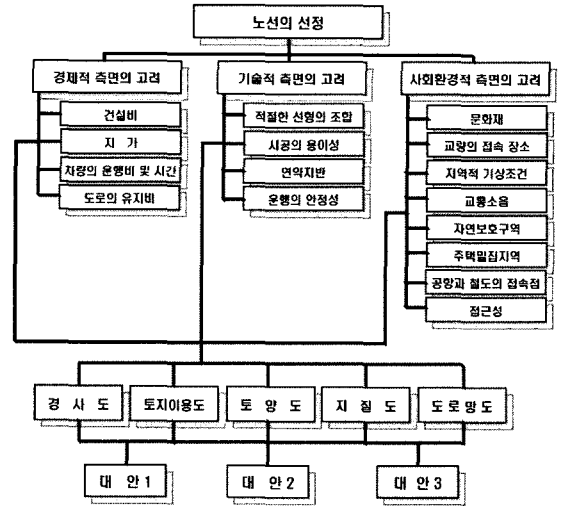


그림 4. 계층분석과정의 적용 연결도

들은 문화재, 교량의 접속장소, 교통소음, 자연보호구역 등으로 설정하였다.

### 4.2.3 계층분석과정의 자료 구축

세부항목에 대한 GIS 기반의 자료를 적용하기 위해서는 정성적인 자료가 정량적인 자료로 구축되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 경제적 측면은 그림 5와 같이, 기술적 측면은 그림 6과 같이, 사회·환경적 측면의 세부항목의 적용 자료는 그림 7에서와 같이 적용하였다.

또한, 계층분석과정에서의 쌍별 비교를 위한 경중률의 부여는 최대한 객관성을 확보하기 위하여 문헌, 보고서 및 연구문헌들을 토대로 부여하였다.

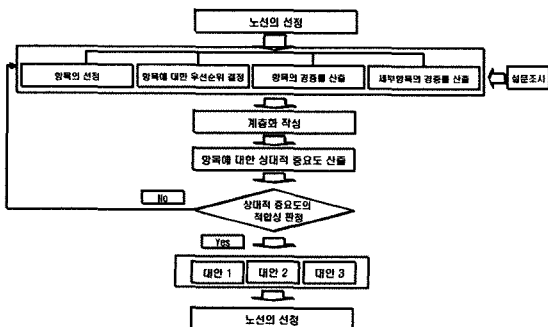


그림 3. 계층분석과정의 구조

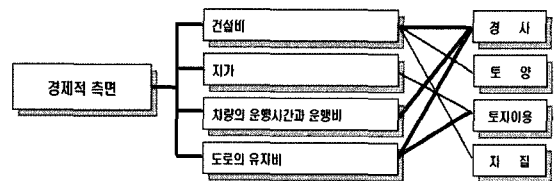


그림 5. 경제적 측면의 세부항목 적용 1

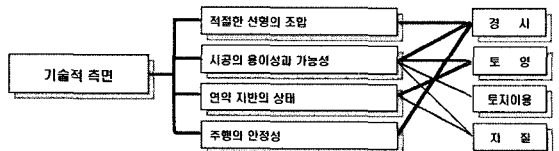


그림 6. 기술적 측면의 세부항목 적용

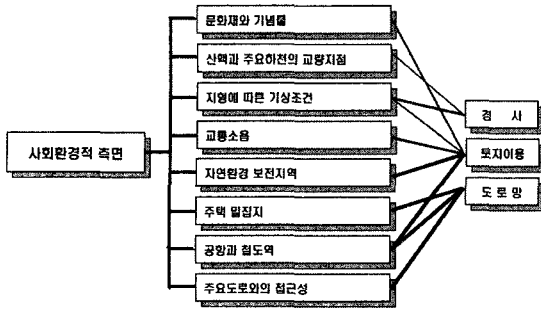


그림 7. 사회·환경적 측면의 세부항목 적용

#### 4.2.3.1 경사

경사는 토공량, 노선의 종단선형, 시공성, 건설비 등 많은 부분에 직·간접적인 영향을 미친다. 그러므로 이러한 경사의 항목은 경제적, 기술적 그리고 사회·환경적 측면에 영향을 미치는 요소로 판단된다. 종단경사의 기준치는 설계속도에 따라 표준치가 설정되며, 최대 16%까지 규정되어 있고, 지형 여건, 주변 지장물의 경제성을 고려하여 필요한 경우 1%를 증가할 수 있는 규정이 있다. 따라서 본 연구에서는 경사의 분류를 건설교통부에서 제정한 설계속도에 따라 종단경사의 기준치를 근거로 산정하였다. 표 1과 같이 ±(0~17%)경사의 경중률을 1로 하였고, ±(18~34%)의 경중률을 1/3로 정하여 각 17%가 증가된 경사에 각각의 경중률을 1/5, 1/7로 정하였으며, 경중률은 Saaty가 제시한 수치들 중에서 가장 보편적이라 판단되는 수치를 적용하였다. 이러한 경중률을 적용한 결과 경사에 따른 상대적 중요도(RIW)가 산출되며 일관성 비율은 0.04로 나타났다.

#### 4.2.3.2 토양

토양은 시공성과 연약지반과의 관계, 배수의 상태 등에 영향을 미친다. 따라서 이러한 토양의 항목을 경제적, 기술적 측면에 영향을 미치는 요소로 판단되었다. 본 연구에서의 토양에 대한 분류는 배수의 상태에 따라 가중치를 설정

표 1. 경사에 따른 경중률의 산정

경 사	경중률	RIW
±( 0 ~ 17)%	1	0.57
±(18 ~ 34)%	1/3	0.26
±(34 ~ 51)%	1/5	0.12
± 52% 이상	1/7	0.06

표 2. 토양에 따른 경중률의 산정

토양 유형	경중률	RIW
A	1	0.57
B	1/3	0.26
C	1/5	0.12
D	1/7	0.06

정하였으며, 미국 토양보존국(SCS ; U.S. Soil Conservation Service)과 우리나라 농촌진흥청의 분류기준을 종합적으로 비교 검토하여 우리나라 정밀토양도의 토양통을 SCS의 수문학적 토양군인 A, B, C, D로 분류하여 제시한 기준을 사용하였다. 배수상태의 등급은 A는 매우양호, B는 양호, C는 불량, D는 매우불량으로 분류된다. 표 2와 같이 배수상태 등급이 매우 양호한 토양의 경중률을 1로 부여하였고, 양호한 토양의 경중률을 1/3로 정하여 4가지 토양상태의 배수등급에 따라 경중률을 부여하였다.

#### 4.2.3.3 지질

지질의 상태는 시공성, 연약지반과의 관계, 기초의 적합성, 시공시 발파의 경제성 등에 영향을 미치는 것으로 판단되어 기술적 측면과 경제적 측면의 요소로 설정하였다. 본 연구에서 암의 분류를 표 3과 같이 화성암, 변성암, 퇴적암으로 분류하여 경중률을 산정하였으며(윤지선, 1995), 기술적 측면의 산출치는 암의 강도에 따라 분류하여 화성암의 경중률을 1로 부여하였고, 경제적 측면의 산출치는 시공시 발파의 경제성에 따라 퇴적암의 경중률을 1로 부여하였으며, 일관성 비율은 0.03으로 나타났다.

#### 4.2.3.4 도로망

도로는 신설과 확장도 중요하지만 타 도로와의 접근성도 고려하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 고속도로, 국도, 일반도로로 분류하여 도로의 접근성에 대한 도로망의 경중률을 산정하였으며, 사회·환경적인 측면에 영향을 미치는 요소로 판단하였다. 분류 근거는 도로법의 도로분

표 3. 지질에 따른 경중률의 산정

지질의 유형	기술적 측면		경제적 측면	
	경중률	RIW	경중률	RIW
화성암	1	0.637	1/5	0.105
변성암	1/3	0.258	1/3	0.258
퇴적암	1/5	0.105	1	0.637

표 4. 도로 유형에 따른 경중률의 산정

도로의 유형	경중률	RIW
고속도로	1	0.637
국도	1/3	0.258
일반도	1/5	0.105

류에 따라 분류하였으며, 표 4와 같이 고속도로의 경중률을 1로 부여하였다.

#### 4.2.3.5 토지이용

토지 이용은 경제적, 사회·환경적 측면에 영향을 미치는 요소로 설정하였다. 본 연구에서의 토지이용의 분류는 환경적 영향에 따른 분류와 지가에 따른 분류로 경중률을 산정하였다.

##### (1) 환경적 영향에 따른 분류

토지이용의 상태를 환경적 영향에 따라 3가지로 분류하였다. 분류의 내용은 국토를 환경적·계획적으로 보전, 개발, 이용하기 위하여 환경적 가치를 종합적으로 평가하여 「보전해야 할 지역」과 「개발해도 될 지역」을 구분하는 환경부의 주요업무계획을 근거를 적용하였다.

표 5와 같이 산림지역의 경중률을 1/5로 부여하여 환경의 훼손을 최소로 하는 값으로 분류하므로 사회·환경적 측면에 반영하였다.

##### (2) 지목에 따른 지가

지목에 따른 지가는 지역마다 매우 큰 차이를 나타내고 있으며, 같은 지목의 지가도 동일 지역내에서 많은 차이를 나타내고 있다. 본 연구에서는 지목에 따른 지가의 산정을 토지가격 비준표를 이용하여 산정하였다. 토지가격 비준표란 대량의 토지에 대한 가격을 간편하게 산정할 수 있도록 계량적으로 고안된 간이지가산정표이다. 따라서 연구대상지역의 토지가격 비준표를 근거로 표 6과 같이 지목에 따른 지가를 산정하였고, 지목에 없는 항목은 표

표 5. 환경적 영향에 따른 경중률의 산정

토지 유형	경중률	RIW
도심 지역	1	0.637
농림 지역	1/3	0.258
산림 지역	1/5	0.105

표 6. 지가에 따른 경중률의 산정(토지이용 분류)

토지 유형	A	B	C	D	E	F	RIW	
전	A	1.000					0.161	
답	B	0.980	1.000				0.158	
목장	C	0.940	0.960	1.000			0.151	
임야	D	0.920	0.940	0.980	1.000		0.148	
공장	E	1.250	1.280	1.330	1.360	1.000	0.201	
창고	F	1.130	1.150	1.200	1.230	0.900	1.000	0.181

표 7. 지가에 따른 경중률의 산정(도시계획시설 분류)

토지 유형	A	B	C	RIW	
유원지	A	1.000		0.408	
수로, 철도, 도로	B	0.850	1.000	0.346	
강	C	0.600	0.710	1.000	0.245

7과 같이 도시계획시설에 따른 지가를 토지가격 비준표를 산정하여 경제적 측면에 반영하였다.

### 4.3 연구대상지역의 선정

본 연구대상지역은 그림 8과 같이 부산광역시 기장군내 철마면과 정관면 지역을 선정하였으며, 산세가 급한 지형과 완만한 지형이 비교적 골고루 분포되어 있고 일부는 바다와 접하여 있다. 자료의 구축을 위해서 연구 대상 지역에 대한 수치화된 자료가 필요하고, 수치화되지 않은 자료는 수치화로 전환하여야 하며, 이러한 자료들은 준거타원체와 투영의 기준 등을 고려하여 구축하게 된다. 또한 스캐너에 의해 수치화 작업을 하여 오류 및 수정 등을 거

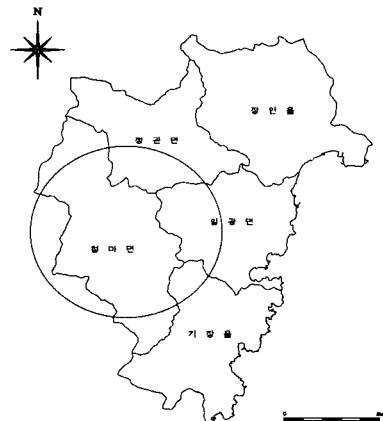


그림 8. 연구대상지역

표 8. 자료의 분류 및 추출

분류	축척	추출 목적
수치지형도	1/5,000	경사, 도로망 등
지질도	1/50,000	암의 분포
지적도	1/500 1/600 1/1,200	지적의 분류, 지가, 지번, 지적의 경계 등 (스캐너 및 디지털이징)
토지이용도	1/5,000	토지이용의 상황
토양도	1/25,000	토양의 상태

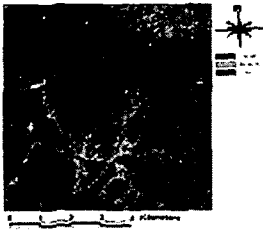


그림 9. 수치지형도

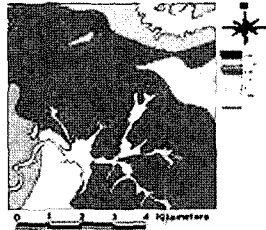


그림 10. 지질도

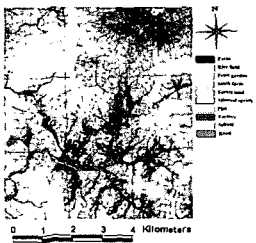


그림 11. 토지특성도

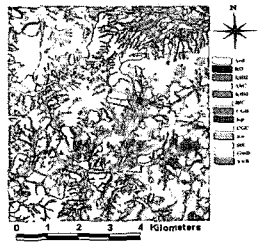


그림 12. 토양도

처서 자료를 구축하고 벡터 자료는 래스터 자료로 변환해야 한다. 본 연구에서 구축된 래스터의 크기는 20m×20m로 설정하여 변환하였으며, 사용된 구축 자료의 종류, 축척, 추출목적 등은 표 8과 같다. 또한, 이러한 추출 등을 통하여 생성된 수치화된 자료는 그림 9~그림 12와 같다.

#### 4.4 평면선형의 선정 및 분석

본 연구에서 평면선형의 선정 조건은 표 9와 같이 모두 5가지로 분류하였다. 분류의 조건은 기술, 사회·환경, 경제적 측면을 각각 강조하여 경중률의 가중치를 6 : 2 : 2로 임의로 설정하였고, 이는 극단적으로 어느 한 가지의 항목만을 큰 비율로 선정함이 불합리하다고 판단하여 이와 같은 비율을 적용하였다. 또한, 각 항목의 경중률을 동일한 값으로 부여한 조건과 실제 설계에 종사하는 전문가들을 대상으로 설문조사의 결과를 토대로 가중치를 부여

표 9. 평면선형의 경중률의 분류

분류	경중률			비고
	기술	사회	경제	
기술	6.00	2.00	2.00	기술적 측면의 고려
사회·환경	2.00	6.00	2.00	사회·환경적 측면의 고려
경제	2.00	2.00	6.00	경제적 측면의 고려
균형	3.33	3.33	3.33	균형적 측면을 고려
설문	3.05	4.62	2.32	설문조사를 토대

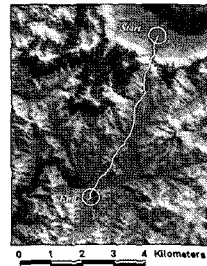


그림 13. 기술적 측면

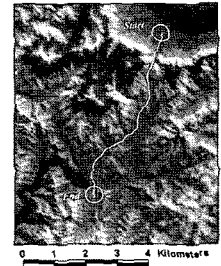


그림 14. 사회적 측면

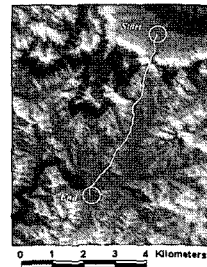


그림 15. 경제적 측면

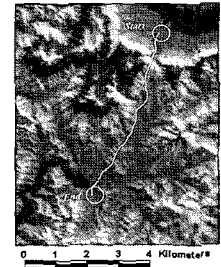


그림 16. 균형적 측면

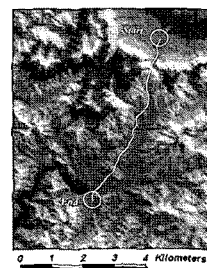


그림 17. 설문조사 결과

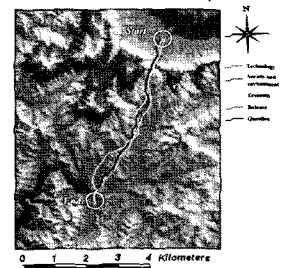


그림 18. 중첩된 노선도

한 조건도 분류하였다. 이에 대한 결과는 그림 13~그림 18과 같다.

선정된 5가지의 평면선형에 대해 비교하여 보면 표 10과 같이 기술적 측면을 고려한 노선의 길이가 6.272km로 가장 짧았으며, 사회·환경적 측면을 고려한 노선의 길이

표 10. 선정된 평면선형의 비교

분 류	노선연장	최소표고	최대표고	평균표고
기 술	6.272km	70.000m	274.078m	136.246m
사회·환경	6.561km	70.000m	275.738m	125.306m
경 제	6.293km	70.000m	274.596m	136.086m
균 형	6.295km	70.000m	274.550m	135.016m
여 론	6.285km	69.988m	274.436m	134.311m

가 6.561km로 가장 길게 나타났다.

#### 4.5 종단선형의 선정 및 분석

본 연구에서 선정된 평면선형의 종단면도는 엄밀히 말하면 지형의 형세를 나타낸 종단면도이다. 따라서 지형 자료를 이용하여 종단선형을 계획하여야 한다. 그림 19는 5가지로 분류에 의해 선정된 지형의 종단면도이다.

본 연구에서의 종단면도에서 종단선형을 다음과 같은 의사규칙을 정하여 종단 경사를 설계하였다. 첫 번째 최대한 지형 경사에 따라 종단 경사를 설정할 것, 두 번째 지형의 경사를 이용하되, 최대로 주어진 종단경사의 범위를 넘지 않을 것, 세 번째 시점과 종점의 계획 지반고와 일치할 것, 네 번째 하천, 강, 호수를 횡단할 경우, 성토고가 종단선형까지의 차가 20m 이상 차이가 날 경우 교량을 설치할 것, 다섯 번째 절토고의 높이가 30m 이상인 경우 터널을 설치하는 것으로 규정을 정하였다. 따라서 이러한 의사규칙에 의해서 종단경사가 결정되면 토공량을 산출할 수 있도록 하였다. 토공량의 산출 방식은 실제 도로설계에서 사용되고 있는 양단면 평균법을 적용하여 산출토록 되어 있고, 보다 근접한 토공량을 산출하기 위하여 절토경사와 성토경사를 고려하여 각각 입력값을 입력하도록 설정하였다. 이러한 일련의 과정을 요약하면 그림

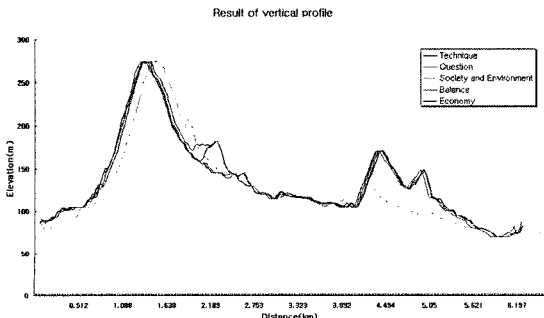


그림 19. 종단면도의 결과

20과 같다.

그리고 본 연구에서는 그림 20을 기초로 하여 Micro Soft사의 객체지향언어인 Visual Basic과 GIS tool인 Map Object를 이용하여 종단선형을 자동적으로 산출할 수 있는 시스템을 구축하였다. 시스템의 내용을 살펴보면 그림 21과 같이 계층분석과정에 의해 선정된 여러 가지 경우의 평면선형이 화면의 오른쪽 위쪽에 보여지며 사용자가 요구하는 좌표가 나타나게 된다. 화면의 아래편에는 평면

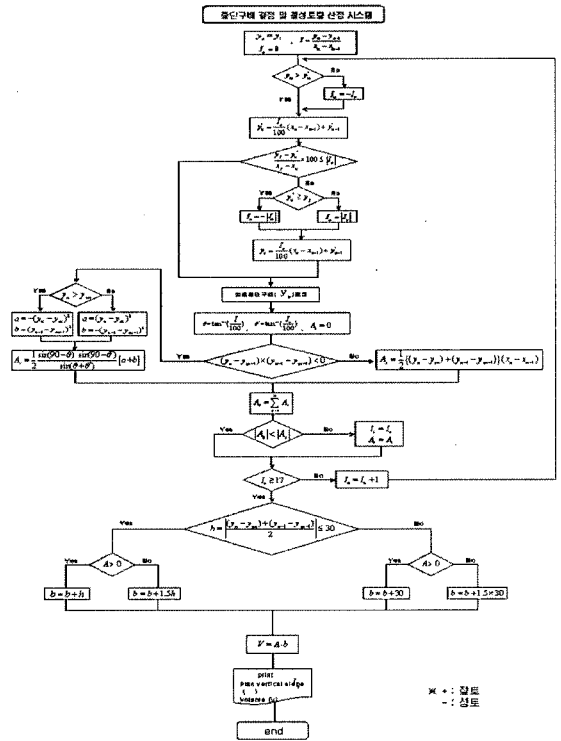


그림 20. 종단선형의 설계 흐름도

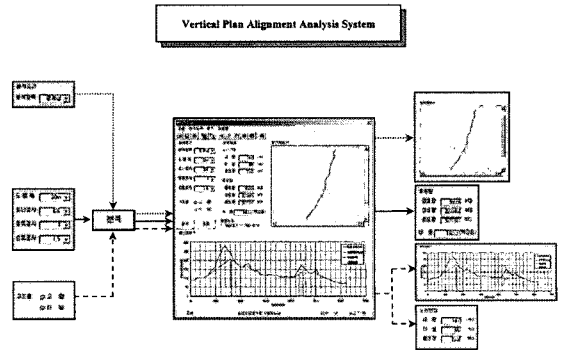


그림 21. 프로그램의 메인화면 및 연결도

선형에서 획득된 종단면도가 나타나게 된다. 분석 조건을 보면 계층분석과정에서 획득된 평면선형의 항목을 선택하게 되어 있으며, 설계시 고려될 도로폭을 입력하게 되어 있다. 또한 평면선형에 의해 작성된 종단면도를 기반으로 설계자가 요구하는 경사를 입력하는데, 이러한 입력값을 기반으로 아래 부분에 위치하고 있는 종단선형의 차에 교량 및 터널의 위치가 자동적으로 확인됨과 동시에 연장이 산출되며, 토공량 및 개략적인 공사비가 산출된다. 특히, 설계자가 종단경사를 각기 달리 하였을 경우, 터널과 교량의 위치 및 길이가 해당되는 종단경사에 따라 분석할 수 있도록 하여 3차원적인 시각적 효과와 더불어 설계를 하도록 작성하였다.

종단선형의 설계를 위하여 선정된 5가지의 평면선형에 의해 선정된 종단면도를 이용하여 종단선형을 계획하였으며, 종단선형 및 개략적인 토공량 및 공사비를 산정하는 조건은 표 11과 같이 분류하였다. 종단선형에 대한 종단경사를 5~10%까지 적용하여 종단선형을 선정하였다. 성토 경사와 절토 경사는 토질에 따라 다르게 적용되지만, 본 연구에서는 성토의 경사는 1 : 1.5, 절토의 경사는 1 : 1이라는 일반적인 수치를 적용하였다. 절토의 단가는 토사, 발파암, 리핑암에 따라 다르지만 본 연구에서는 이러한 단가들을 산술 평균한 값을 산출하여 대표적인 값을 적용하였다. 교량과 터널의 건설비는 2003년 건설교통부에서 발간한 도로업무편람을 적용하였으며, 본 연구에서의 총공사비는 총철성토량과 구조물(터널, 교량)의 시공비만을 산출하여 합계하였다.

표 11의 조건을 전제로 설계된 종단선형의 결과는 표 12 및 그림 22와 같이 나타났다.

표 11과 그림 22에서 나타난 결과를 정리하여 그림 23과 같이 시공비만을 비교하여 보면 본 연구대상지역에서는 사회·환경적 측면을 고려한 선형이 가장 좋은 조건으로 나타났으며, 다른 노선과 비교할 경우 약 20%의 순공사비의 절감효과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 하지만,

표 11. 종단 선형의 설계 조건

항 목	조 건	비 고
성/절토 경사	1 : 1.5 / 1 : 1.0	
성/절토 단가	4,241원 / 7,336원	건설표준단가(경남)
교량 시공비	29,366 천원/m	PSC-Beam(4차선)
터널 시공비	11,602 천원/m	NATM(2차선)
종단 경사	5~10%	

같은 조건의 종단선형이지만 종단경사를 어떻게 적용하는냐에 따라 대안의 설계에 대한 우선순위가 바뀔 수 있으며, 이러한 것은 종단경사까지 고려한 종단선형의 중요성이 대안 설계에 중요한 부분을 차지하고 있다는 점을 내포하고 있다. 따라서 이러한 시스템을 적용함으로써 노선의 선정시 종단선형 까지 고려하여 검토함으로써 지형에 적합한 경사를 분석하여 더욱 향상된 대안의 설계를 할 수 있었다.

표 12. 설계된 종단선형의 결과

종단 경사	분류	절토량 (m <sup>3</sup> )	성토량 (m <sup>3</sup> )	종단 선형 길이(m)	시공비 (백만원)	터널 연장 (m)	교량 연장 (m)
5 %	경제	521,261	795,581	6,266	36,943	1,246	0
	사회	315,723	112,452	6,271	25,810	1,019	0
	기술	792,706	690,561	6,280	38,895	1,313	0
	설문	492,127	435,151	6,275	33,535	1,218	0
	균형	451,299	413,154	6,223	33,684	1,023	0
6 %	경제	484,568	482,831	6,270	29,218	1,018	0
	사회	314,379	100,873	6,275	23,227	912	0
	기술	589,928	428,437	6,283	28,783	997	0
	설문	504,604	239,432	6,279	28,135	1,045	0
	균형	490,973	292,398	6,227	28,207	1,034	0
7 %	경제	477,646	276,609	6,274	25,491	924	0
	사회	281,684	153,747	6,279	21,705	835	0
	기술	477,464	266,874	6,287	26,321	963	0
	설문	497,991	174,317	6,283	25,474	952	0
	균형	457,974	232,332	6,231	25,925	960	0
8 %	경제	457,119	226,842	6,279	23,354	851	0
	사회	275,609	224,896	6,284	19,525	720	0
	기술	418,833	192,558	6,292	23,452	873	0
	설문	398,791	159,904	6,288	24,208	920	0
	균형	414,388	150,928	6,235	23,808	903	0
9 %	경제	418,936	149,309	6,284	21,257	792	0
	사회	263,127	190,681	6,289	18,344	682	0
	기술	445,117	173,297	6,297	22,963	854	0
	설문	364,925	196,329	6,293	22,534	834	0
	균형	389,964	135,273	6,240	23,142	883	0
10 %	경제	438,638	121,560	6,290	20,695	773	0
	사회	256,214	182,856	6,295	16,921	625	0
	기술	360,440	228,144	6,303	22,128	816	0
	설문	398,935	140,774	6,299	21,412	806	0
	균형	397,188	153,244	6,246	20,580	766	0



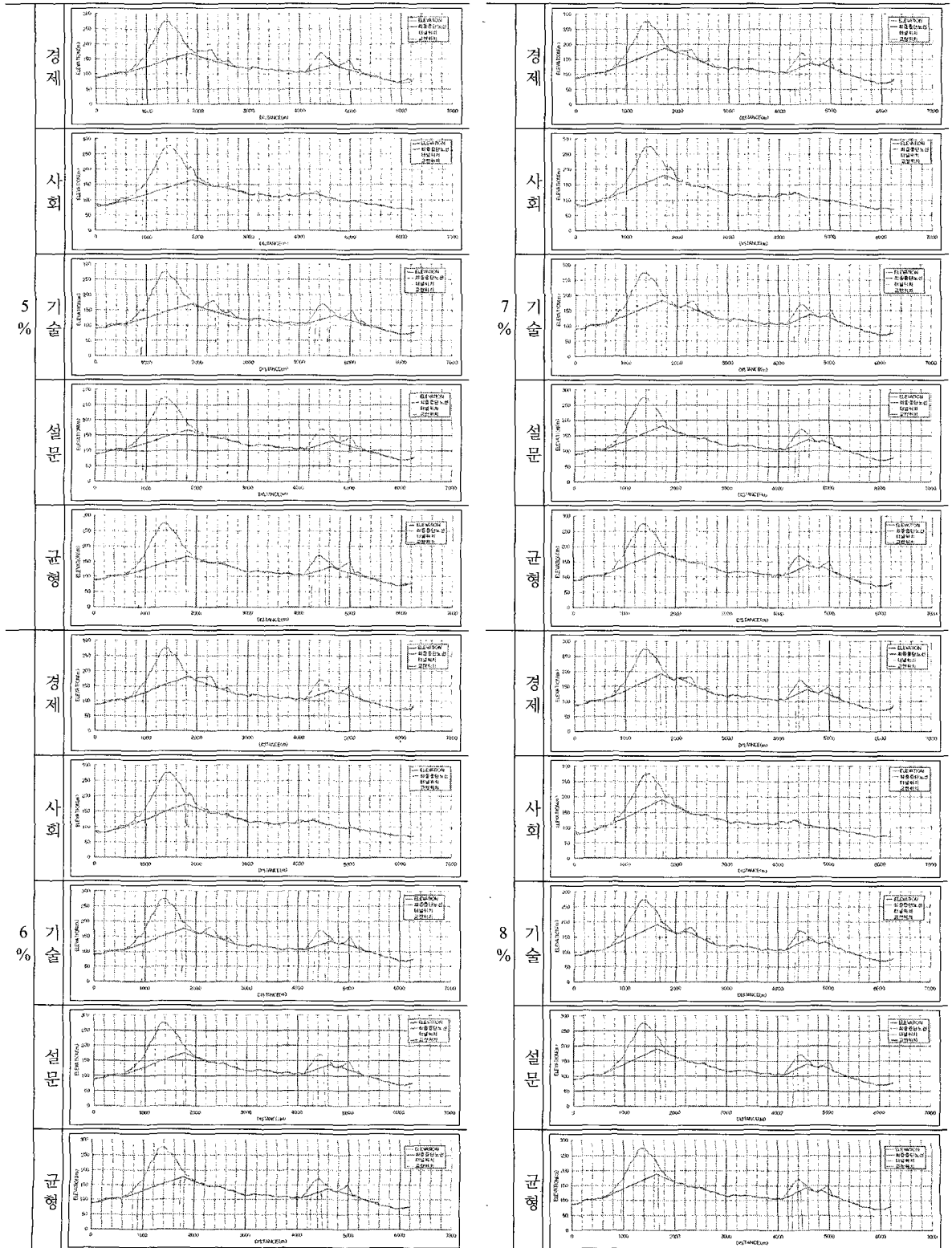


그림 22. 설계된 종단선형의 결과

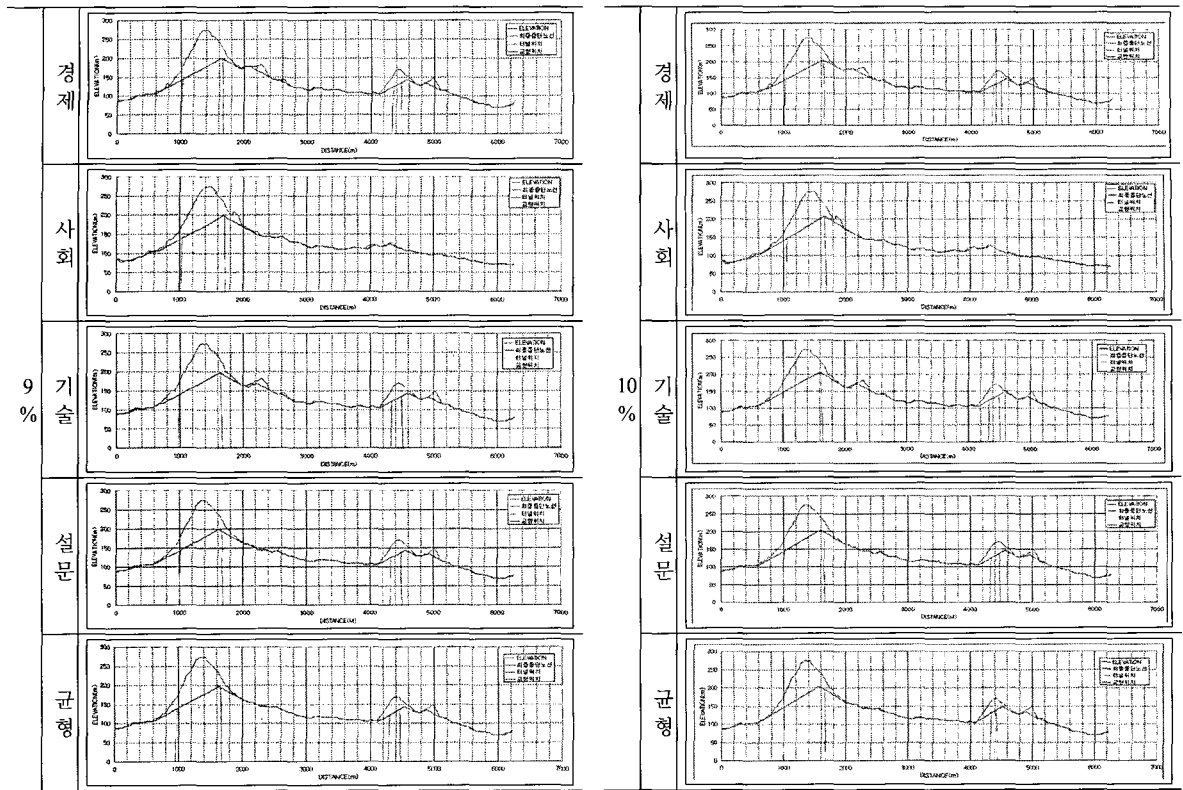


그림 22. 설계된 종단선형의 결과(계속)

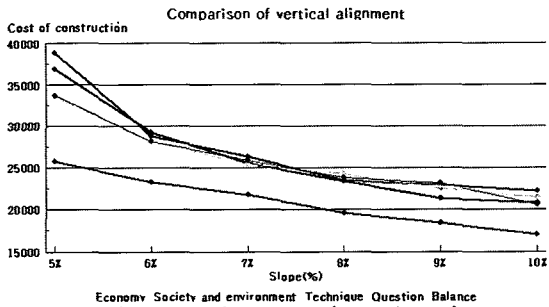


그림 23. 시공비에 따른 종단선형의 비교

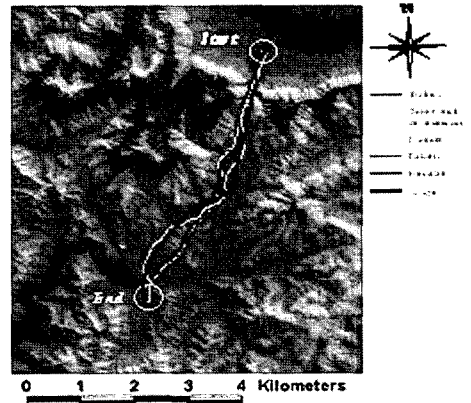


그림 24. 실시설계와 선정된 선형들의 중첩도

#### 4.6 선형의 비교 분석

##### 4.6.1 평면선형의 비교 분석

본 연구에서 구축된 시스템을 검증하기 위하여 기존에 실시설계가 완료된 노선을 대상으로 평가를 하였다. 기존의 노선은 도로의 폭이 20m이며, 연장이 6.0km인 4차선의 도로이다.

연구대상지역에 관한 위치를 계층분석과정으로 획득된 5개의 평면계획을 나타낸 것과 실시설계가 되어 있는 노

선을 중첩한 결과는 그림 24와 같다.

기존 설계된 노선과 의사결정체계로 선정된 노선들 사이에서 면적의 차이를 비교하여 중요도를 산정하였다. 산정 방법은 기준된 한 노선 비교될 노선간의 서로 이격된 양을 면적으로 산정하는 방법이다. 이러한 방법을 그림으로 나타내면 그림 25와 같다.

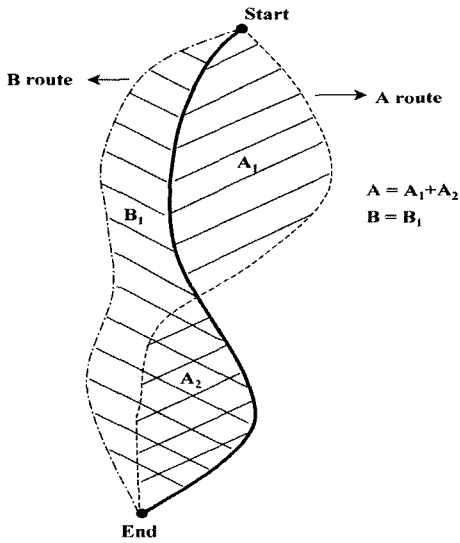


그림 25. 이격된 면적에 의한 노선의 평가방법

표 13. 면적에 의한 평면선형의 평가 결과

평면선형	면적(m <sup>2</sup> )	평가(%)
경계	954,238.832	16.8%
사회·환경	552,842.604	29.0%
기술	978,139.049	16.4%
설문	838,360.637	19.1%
균형	856,309.764	18.7%

측면의 영향치를 정량적으로 해석하고자 다음과 같은 환산율을 적용하였다. 각 항목별로 선정된 평면선형의 중요도는 비교하고자 하는 노선의 이격된 면적에 반비례하므로  $A : B : C = 1/A : 1/B : 1/C = A' : B' : C'$ 로 환산할 수 있다. 이러한 환산값의 비율이 각 항목에 대한 영향치로 선정하였다. 이러한 A' : B' : C'의 비율을 백분율로 환산함으로써 각 항목에 대한 영향치의 비율을 산정하였다.

본 연구대상지역에서의 면적에 의한 노선을 평가한 결과 사회·환경적 측면이 다른 측면에 비하여 다소 많은 부분들이 고려되었음을 알 수 있었으며, 비교된 값들을 요약하면 표 13과 같다.

따라서 이러한 방법들을 이용한다면 기존의 노선에 대한 평가와 신설될 노선에 대한 평가를 각 항목별 중요성에 대한 정량적인 값으로서 평가가 가능함을 알 수 있었다.

#### 4.6.2 종단선형의 비교 분석

기존의 실시 설계된 노선의 종단선형과 본 시스템에서

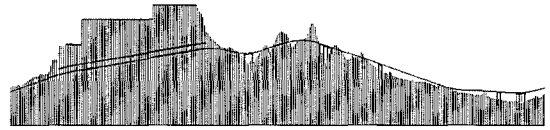


그림 26. 실시 설계된 종단선형

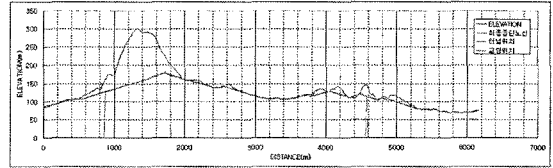


그림 27. 시스템을 이용하여 설계된 종단선형

표 14. 실시설계와 산출된 종단선형의 비교

분류	실시 설계의 종단선형	산출된 종단선형
성토량	412,214.50m <sup>3</sup>	143,447m <sup>3</sup>
절토량	395,464.54m <sup>3</sup>	328,897m <sup>3</sup>
교량의 연장 및 개소	370m(5EA)	0m
터널의 연장 및 개소	1,805m(1EA)	954m(2EA)

구축된 알고리즘을 이용한 종단선형을 비교하면 기존 실시 설계된 종단선형의 경사는 최대 6%까지로 설계되어 있으므로 본 연구에서도 6%의 종단 경사로 설계하여 비교 및 분석하였다. 그림 26은 기존의 실시 설계된 지형의 종단선형이며, 그림 27은 구축된 시스템을 이용한 6%의 종단경사로 설계된 종단선형이며, 분석된 값들은 표 14와 같다.

설계된 종단선형과 본 연구에서 비교 분석하여 도출된 종단선형을 비교하여 보면 토공량의 차이가 다소 발생함을 알 수 있다. 이는 본 연구의 시스템에서는 유토곡선을 고려하지 않은 점과 계획종단고의 설정에 따른 원인으로 발생한 결과라고 생각된다. 향후, 이러한 부분을 보완한다면, 기본 설계시 의사결정체계로 노선 선정을 하는 방법을 적용하여도 충분한 활용성이 있다고 판단된다.

## 5. 결 론

GIS 기반의 합리적인 노선 선정을 위한 의사결정시스템을 구축함과 동시에 이를 평가하기 위한 기법을 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, GIS 기반에 계층분석과정을 응용하여 기존 노선

의 적정성에 대한 평가를 정량적으로 할 수 있었으며, 이를 신설될 노선에 적용하면 도로 계획 및 기본설계시에 객관적이고 신뢰성 있는 노선 선정을 할 수 있다고 판단된다.

둘째, 기존의 2차원적 정보에 의한 의사결정시스템에서 종단계획까지 고려한 3차원 정보에 의한 의사결정시스템을 적용함으로써 노선 선정기법을 향상시켰고 종단경사, 토공량, 구조물 규모, 공사비 등의 정보를 독립 변수로 할 수 있으므로 더욱 과학적이고 합리적으로 도로 설계를 할 수 있다.

셋째, 구축된 정량적인 평가 시스템을 이용하면 노선 선정이 자동화됨으로서, 많은 비교안을 짧은 시간 내에 도출할 수 있으므로, GIS 기술의 활용과 도로설계기술발전에 기여할 수 있다고 판단된다.

향후, 계층분석과정을 연계한 노선 선정시 더욱 합리적이고 보편적인 정량화된 자료와 지역적 특색을 고려한 세부 항목들을 추가로 부여하면 더욱 발전된 노선 선정을 할 수 있다고 판단된다.

## 참고문헌

건설교통부 (1999), 도로설계편람(1), pp. 208-209.  
 양인태, 김동문, 최승필 (2002), AHP 기법을 이용한 도로의 노선 선정시 다중인자의 정량화 연구, 한국측량학회논문집, 한

국측량학회, 제 20권, 제 2호, pp. 199-206.  
 윤지선 (1995), 압의 역학. 구미서관.  
 이형석 (2001), 노선 선정 최적화를 위한 지형공간정보체계와 계층분석과정의 연계, 박사학위논문, 충남대학교.  
 이희연 (2003), GIS : 지리정보학. 범문사.  
 토마스 사타 (2000), 리더를 위한 의사결정. 동원출판사.  
 Chaoqing yu, Jay Lee and Mandy J. Munro-Stasiuk (2003), Extension to least-cost path algorithms for roadway planning, *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 17, No. 4, pp. 361-375.  
 Eungcheol Kim, Manoj K. Jha, Bongsoo Son (2005), Improving the computational efficiency of highway alignment optimization models through a stepwise genetic algorithms approach, *Transportation Research, Part B* 39, pp. 339-360.  
 Jacek Malczewski (1999), *GIS and Multicriteria Decision Analysis* John Willey & Sons, Inc.  
 Min-Yuan Cheng and Guey-Lin Chang (2001), Automating utility route design and planning through GIS, *Automation in Construction*, Vol. 10, pp. 507-516.  
 Stefanakis, E., and Kavours, M. (1995), On the determination of the optimum path in space, *Proceedings of International Conference COSIT'95*, pp. 241-257.  
 Xu, J., and Lathrop, R. G. (1994), Improving cost-path in a raster data format, *Computer & Geoscience*, Vol. 20, pp. 1455-1465.  
 Xu, J., and Lathrop, R. G. (1995), Improving simulation accuracy of spread phenomena in a raster-based geographic information system, *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 9, pp. 153-168.

(접수일 2005. 4. 10, 심사일 2005. 4. 11, 심사완료일 2005. 6. 14)