

3차원 GIS를 이용한 최적노선 선정

Three-Dimensional GIS for Determination of Optimal Route

강인준*·최 현**·박훈식***

Kang, In-Joon · Choi, Hyun · Park, Hun-Shik

要 旨

도로는 오랜 기간 동안 꾸준한 경제성장으로 경제적인 규모가 커짐에 따라 차량의 증가 및 대형화, 차량의 성능증대, 시간가치의 상승 및 교통의 고속화 등으로 교통상황이 크게 변화되었다. 최적 노선선정모델에 관한 연구는 컴퓨터와 지형공간정보의 발달로 인하여 1980년 후반부터 일부 연구가 이루어지고 있으며, 국내에서도 수치지형모델을 이용한 최적노선에 관한 연구를 비롯하여 토공량산정, 유도곡선출력, 자동화시스템구축등 많은 연구가 이루어지고 있다. 그리고 최근에는 컴퓨터의 발달로 VGIS(Virtual Geographic Information System)를 이용한 도로주행 시뮬레이션과 가상현실에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 연구는 노선설계에서 도로대안결정시 고려되는 주변시설 및 개발계획, 교통수요 예측등에 따른 검토 의견 외에 3차원시뮬레이션기법을 통한 경관분석과 환경영향분석요소들의 추가가능성에 대하여 연구하였다.

Abstract

The highway is greatly changed by the constant economic growth for a long times the traffic situation such as the large volumes and the performance vehicles, the performance enlargement of vehicles, the high speedization, etc., due to growth economic. A study of an optimal route selection model is researched over late 1980s by development of computer and GIS, and consisted including research about the optimal route that uses digital terrain model in domestic such as the earth volume calculations, the mass curve output and the automation system construction. Lately, the study of the driving simulation of the highway and the virtual reality using VGIS(Virtual Geographic Information System) is researched. This study shows when the alternative highway selection considered surrounding facilities, development plan, and according to estimate amount of traffic and the additional possibility of view analysis and environment effect analysis element will study through 3D simulation method.

1. 서 론

도로는 오랜 기간 동안 꾸준한 경제성장으로 경제적인 규모가 커짐에 따라 차량의 증가 및 대형화, 차량의 성능증대, 시간가치의 상승 및 교통의 고속화 등으로 교통상황이 크게 변화되었다. 따라서 차량의 원활한 소통과 안전주행을 보장할 수 있는 도로시설 제공이 시대적 요구로 등장하게 되었다. 또한, 도로시설은 물자나 사람을 수송하는데 있어서 없어서는 안 될 가장 기본적인 공공교통시설로서, 국토의 기능을 증진시키는 전국간선도로망에서부터 지역개발과 주변 토지이용을 활성화시키는 지역내의 도로망에 이르기까지 유기적인 도로교통망을

이루어 각 도로가 상호 기능을 보완해 가면서 국토발전의 기반과 생활기반의 정비, 생활환경의 개선에 큰 역할을 하고 있다. 특히 자동차 보급이 증가하고, 이에 따른 도로망이 충실해짐에 따라 도로교통의 특성인 기동성 및 편리성 그리고 경제성이 증진되고 경제사회발전이 촉진되어 국민생활 향상에 기여하는 바가 절대적이다.

최적 노선선정모델에 관한 연구는 컴퓨터와 지형공간정보의 발달로 인하여 1980년 후반부터 일부 연구가 이루어지고 있으며, 국내에서도 수치지형모델을 이용한 최적노선에 관한 연구를 비롯하여 토공량산정, 유도곡선출력, 자동화시스템구축등 많은 연구가 이루어졌다. 최근에는 컴퓨터의 발달로 인하여 VGIS(Virtual Geographic

* 정희원, 부산대학교 토목공학과 교수 (kangprof@hanmail.net)

** 정희원, 부산대학교 토목공학과 박사 수료 (xhyun@pusan.ac.kr)

*** 정희원, 부산지방국토관리청 도로시설국 (phs2000@moct.go.kr)

Information System)를 이용한 도로주행 시뮬레이션과 가상현실에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(강인준 2001, 정영동 1993, 최재화 1993).

그러나, 지형정보를 이용한 최적노선선정은 자료의 복잡성, 민원문제, 그리고 소음공해등 해결해야 할 몇몇 문제로 인하여 실무에서는 많이 사용되지 않고 있다. 일반적으로 노선선정은 초기단계에서부터 충분한 자료검토가 이루어져야하는데, 자료검토 부족으로 인하여 노선 변경으로 인한 추가비용이 발생하게 된다. 부산지방 국도 관리청에 따르면 2000년에는 설계소홀로 인한 공사 중지, 공사비증가가 570여건에 이르렀다. 이러한 공사비 증가의 중요한 이유는 지가변동, 환경영향 미고려 등으로 인한 민원문제로 설계변경에 따른 비용 재산정이 발생하기 때문이다. 특히 도심지에서는 환경영향 및 도시미관에 미치는 영향을 고려하지 않아서 발생하는 문제가 더욱 크다고 할 수가 있다. 따라서 최적노선 선정시 준공 후 환경영향 및 도시미관에 미치는 영향을 고려한다면 설계변경에 따른 불필요한 공기와 비용이 단축될 것이다.

본 연구는 노선설계에서 도로대안결정시 고려되는 주변시설 및 개발계획, 교통수요 예측등에 따른 검토 의견 외에 3차원시뮬레이션기법을 통한 경관분석과 환경영향 분석요소를 추가가능성에 대한 연구를 하고자한다.

2. 노선 선정 설계기준

2.1 기하구조기준

본 연구는 주요 간선도로의 교통여건개선 및 지역간 균형적인 발전을 도모하고자 건설되는 도로로서 도심으로의 이동성을 주기능으로 수행할 것으로 판단되며, 도로횡단 구성요소는 차로, 중앙분리대 및 길어깨로 나누어지며, 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에 의거 도시지역 주간선도로 설계속도 80km/h에 맞는 횡단폭을 구성하여 검토하여야 하며, 특히 도시부에 위치하는 도로는 지형여건상 제약이 많으므로 주변여건을 감안하여 설계되었다. 최소 평면곡선반경, 평면곡선의 최소 길이, 정지시거, 완화곡선, 최대 편경사 등 설계 속도에 따른 기하구조기준은 표 1과 같다.

차로폭은 주간선도로에서 설계속도 80km/h 이상일 때 도시지역 3.25m, 지방지역 3.5m로 최소폭에 규정하고 있으며, 본 연구에서는 장래 외부 순환도로기능을 고려하여 3.5m 로 적용하였다. 중앙분리대는 4차선 이상 일 경우 자동차 전용도로에서는 반드시 설치, 일반차선에서는 필요한 경우 설치한다. 길어깨는 사고시 교통혼잡을 방지하고 측방 여유폭을 가지기 때문에 필요하지만 경관 분석에 미치는 영향은 미미하기 때문에 적용하지 않았다. 마지막으로 측대는 운전자의 시선 유도 및 안정성을 증대시키므로 아주 중요하기 때문에 적용하였다.

표 1. 기하구조기준

구 분		도로 및 구조 시설기준에 관한 규칙 '99. 8		
		본 선	연 결 로	
			80	50
최小平면곡선반경(m)		280	80	50
평면곡선의 최소길이(m)	교각 5°미만	450/θ	300/θ	250/θ
	교각 5°이상	90	60	50
최대종단경사(%)	평지	4	7	7
	산지	7	10	11
중단 곡선 최소변화비율(m%)	블록곡선	50	10	5
	오목곡선	35	12	7
중단곡선 최소길이(m)		70	40	35
정지시거(m)		140	65	45
완화곡선 최소길이(m)		50	50	35
완화곡선 생략곡선반경(m)		1,300	220	140
완화곡선 파라메타		$R/3 \leq A \leq R$	$R/3 \leq A \leq R$	$R/3 \leq A \leq R$
최대편경사(%)		6	8	8

2.2 교통수요예측

정확한 교통수요예측은 최적노선선정에 있어서 아주 중요한 요소이다. 따라서, 도로의 장래 교통수요를 예측하여 최적의 건설방안 수립을 위한 기본자료 제공 및 시설규모산정과 교통처리방안 도출을 목적으로 교통수요예측을 반드시 실시하여야한다.

본 연구에서의 교통수요예측범위는 시간적 범위와 공간적범위로 나누었으며 시간적 범위는 개통후 20년이 고 공간적범위는 부산광역시 전지역으로 하였다. 교통수요예측을 위한 기본조사는 교통량조사, 교통시설조사, 토지이용현황조사, 속도 및 지체도 조사, 지역개발계획조사로 대별되며 교통량조사에서는 방향별교통량, 차종별교통량, 시간별 교통량등을 조사하였고, 교통시설조사에서는 접근로 차로수, 기하구조, 신호주기, 횡단보도를 조사하였으며 토지이용현황조사는 지역, 지구, 구역지정현황 및 용도현황에 관하여 조사하였다.

2.3 통행배정

통행배정이란 자동차 노선간의 통행시간을 최적화 하는 노선을 선택하기위한 최적해를 찾아가는 것이다. 이러한 통행배정모형은 Merchant 모형, 동적통행배정모형, 유전자 알고리즘 통행배정모형등이 이용되어지는데 본 연구에서는 동적통행배정 모형중에서 사용자평형이론을 적용하였으며 식 (1)과 같다.

$$\text{목적함수: } \text{Min} \sum_a \int_0^{V_a} C_a(V) dV \quad (1)$$

$$\text{제약조건: } \sum_j T_{ij} = T_i$$

$C_a(V)$ = 링크 a의 통행비용함수(용량제한함수) \times 일반화비용적용

T_{ij} = $i \rightarrow j$ 로의 통행량 중 j 번째 경로를 이용하는 통행량

T_i = $i \rightarrow j$ 로의 총통행량

δ_{ij}^a = 링크 a가 $i \rightarrow j$ 로의 j 번째 경로에 포함 되면 1, 아니면 0

2.4 대안선정

도로망 체계는 현재 동서방향 주간선도로의 도심과 외곽을 연결하는 순환도로망의 구축이 미흡한 실정으로 도로정비 기본계획상에서 설정한 외부순환도로는 간선 네트워크로써 그 기능을 충족할 수 있도록 다음과 같은 관점에서 노선을 선정하여 노선의 효율성이 극대화될 수 있도록 계획되어야한다. 그리고, 도시의 기능을 분산 유도할 수 있도록 교외지역의 거점과 도심부를 연결할 수 있으며, 도심부의 교통축이 되면서 교통운영을 활성화할 수 있어야하며, 주변의 토지이용 현황 및 개발계획을 수용하고 주요 간선축과의 효율적인 연계로 교통량이 집중되는 간선축의 통행수요를 분산 주변 개발계획과의 조

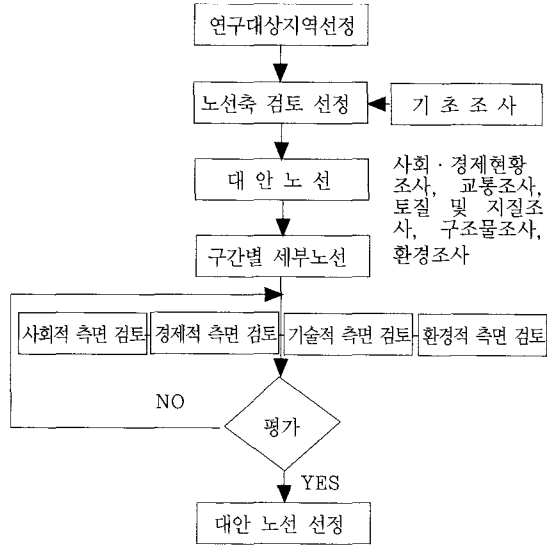


그림 1. 대안노선선정 과정

화 및 주요 교차점의 원활한 교통소통을 도모할 수 있도록 노선계획 수립이 가능해야 할 것으로 판단된다(그림 1).

이와 같이 노선설계기준과 교통수요예측에 대한 최적노선에 대한 각 안에 대한 분석을 해보면 실제노선에서는 3가지 대안 후보노선이 선정되었는데(그림 2), 대안1과 2는 고가교량설치로 외부 순환도로기능인 이동성 확보가 유리한 반면에 공사비가 많이 드는 단점이 있으며, 대안 3은 도시계획도로로 확장 및 평면교차로 통과로 민원해소가 용이하고 공사비가 저렴한 장점이 있으나, 평면교차로 접속으로 인한 교통정체 발생 및 이동성측면에서 불리 하며 순환도로망과 접속이 어려운것으로 판단되었다.

3. 기존노선에 따른 3차원 시뮬레이션화

3.1 주요작업

그림 2는 노선선정설계기준에 따라서 세가지안에 대한 기본노선도면(1:1,000)이며, 비교 1안은 기존도로에서 터널을 통과하여 LC에 접속하는 방안이며, 2안은 기존도로에서 터널을 통과하여 중앙로에 접속하는 방안이며, 3안은 기존도로 및 하천을 통과하여 중앙로로 통과하고 있다. 본 연구에서는 시점측의 배후도로와 종점부측의 도로와 연계하여 장래 외부순환도로 축으로서의 기능을 담당하는 도시지역 주간선도로로서 시·종점측의 연루도로와 일관성을 고려하여 차로부 3.5m, 우측길어깨 2.0m, 중분대 2.0m를 적용하였고 본 과업노선의 시·종점측이 1km에 근접하는 장대교량으로 이루어져 있어 비

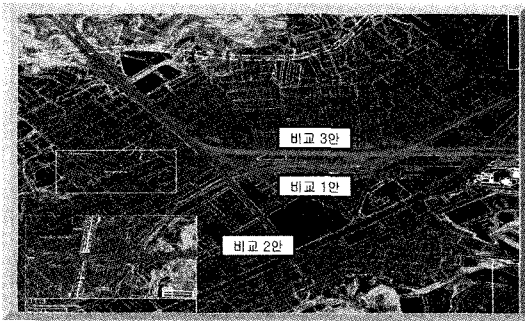


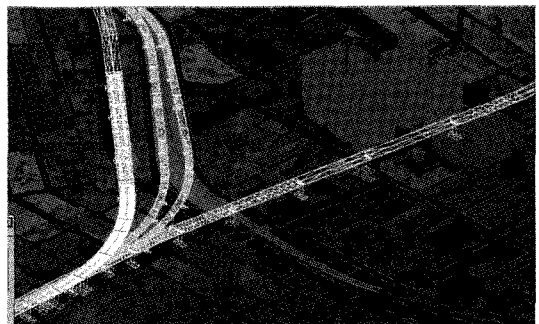
그림 2. 노선선정설계기준에 따른 최종노선



그림 3. 최종노선에 따른 3차원 설계조감도



(a) 3차원 가상도시



(b) 후보 노선설계도

그림 4. 가상도시

상시 비상주차대로 길어깨 폭을 사용하여 주행의 안전성을 고려하여 적용하였다.

그림 3은 노선선정설계 기준에 따라 설정된 후보노선에 대한 3차원지도를 구축한 것이며 그림 4의 (a)는 노선선정 연구대상지역에 대한 3차원 가상도시이며 (b)는 후보노선을 3차원가상도시에 설정한 것이다. 3차원 구조물의 구성을 위해서 폴리곤을 형성해야하는데 3차원 구조물의 각 점들을 포함하여야한다.

3차원 구조물의 장점을 모두 지니는 지형자료를 구축 및 관리하는 것은 여러가지 문제점이 따르기 때문에 평면도면에서부터 획득한 2차원 구조물에 대하여 높이값을 할당하여 3차원 구조물을 생성하였다. 이렇게 하면 복잡한 구조물의 생성은 어렵지만, 건물의 하단면과 상단면이 동일한 구조물의 생성은 가능하게된다. 3차원 구조물의 생성에서 현실감을 부여하기 위해서는 몇가지 방식이 적용되는데 가장 많이 이용되는 방식은 실제 구조물과 비슷한 색을 텍스처하는 방식이 가장 효과적인 것으로 판단된다.

3.2 각 대안에 대한 주행시뮬레이션

그림 5는 각각의 비교노선에 대한 주행 시뮬레이션과정을 나타내고 있다. 비교1안은 하천 수변지역의 자연환경을 보전하며 터널을 통과하여 IC에 접속되어서 기존



그림 5. 주행시뮬레이션



그림 6. 하천 및 노선도



그림 7. 비교 3안에 대한 대절토부

도로와 연계 추가공사없이 외부 순환도로망의 구축이 가능한 것으로 보인다. 비교2안은 대절취로인한 환경훼손은 없으나 고성토로 인한 환경훼손이 크며, 하천의 하천이설이 필요할 것으로 판단된다(그림 6). 비교 3안은 환경보존측면에 대절토부발생으로 환경보존측면에서 상당히 불리할 것으로 예상된다(그림 7).

4. 결 론

본 연구는 시뮬레이션기법을 이용한 도로대안결정기법에 관한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 노선설계에서 최적노선선정시 고려되는 주변시설 및 계발계획, 교통수요예측등에 따른 검토 의견 외에 3차원시뮬레이션기법을 통한 경관분석과 환경영향분석이 가능하였다.
2. 환경영향 및 도시미관에 미치는 영향을 고려하여, 최적노선선정시 준공 후 환경영향 및 도시미관에 미치는 영향을 고려한다면 설계변경에 따른 불필요한 공기와 비용이 단축될 것으로 판단된다.
3. 도시계획, 노선선정등 입안 및 결정지역에 대한 결정을 할 때 본 기법을 사용하면 기존의 각종 의사결정 방식보다는 정책결정에 효율적이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호: R02-2000-00378) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 강인준, 최현, 이병걸(2001), 3차원 지형공간정보 체계를 이용한 도로설계 시뮬레이션, *대한토목학회지*, 제21권, 제2-D호, pp. 201-207.
2. 강인준, 최현, 박창하(2001) 수치지도와 지형정보를 이용한 VGIS구축에 관한 연구, *한국측량학회지*, 제19권, 제4호, pp. 331-339.
3. 부산 지방 국토관리청(2001), *도로공사의 설계내실화 및 설계·시공 등 개선사례집*, pp. 3-7.
4. 정영동 외3인, 수치지형모형을 이용한 최적노선선정에 관한 연구, *한국 측지학회지*, 제11권, 제2호, 1993, pp. 17-25.
5. 최재화 외2인, 도로선형의 결정에서 토공량 산정에 관한 연구, *한국측지학회지*, 제11권, 제2호, 1993, pp. 89-100.
6. Bernard P. Zeigler.(1990) *Object Oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models: Intelligent Agents and Endomorphic Systems*, Academic Press.
7. Claudio sansori(1996) Visual Analysis: a new probabilistic technique to determine landscape visibility, *Computer-Dided Design*, Vol. 28, No. 4, pp. 289-299.
8. G. Burdae and P. Coieffet, *Virtual Reality Technology*, A Wiley-Interscience Publication, 1994.
9. Growe(1998) Use of Explicit Knowledge and GIS data for the 3D Evaluation of Remote.
10. Jonathan Raper, *Three dimensional applications in Geographic Information System*, Taylor & Francis, 1989, pp. 16-54.
11. M.Hollingshedad et al, *Elling the highway and Highway and Byways*, GIS-T, AASSHOT, 1994.

(접수일 2002. 11. 30, 심사 완료일 2003. 1. 18)