

GIS를 이용한 도로의 일조영향 분석 Analyses on Sunshine Influence of Road using GIS

이형석*, 김종식**, 박준규***

Lee Hyung Seok*, Kim Jung Sik**, Park Joon Kyu***

* 동해대학교 건설시스템공학과 조교수(E-mail: lhs0815@empal.com)

** 인천대학교 대학원 토목환경시스템공학과 박사수료(E-mail: kimde89@naver.com)

***충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail: surveyp@empal.com)

요 약

산악지역을 관통하는 도로의 경우 그 특성상 절토 후 도로를 시공하는 경우가 자주 있으며 때로는 매우 긴 구간에 일조가 적게 나타나 음영이 오래 지속되는 곳이 발생한다

본 연구는 GIS를 이용하여 도로의 노선계획시 예상되는 일조영향을 평가하여 정확한 데이터를 제공하고자 한다. 실험대상지역을 선정하고 수치지형자료의 변환을 통하여 3D 지형 매쉬데이터를 작성하고 동일좌표체계의 도로선형자료를 반영하여 정확한 도로모델링을 생성하므로써 도로의 각 지점별 일조영향분석을 위한 기초자료를 구축하였다. 또한 도로노면상의 음영시간을 계산하고 일영이 도로 전체에 어느 정도 유지되는지를 가지적으로 모델링화하여 계절별 시간대별로 도식화하므로써 판단자의 시각적 분석을 가능케 하였다.

1.서 론

도로의 신설 및 확장공사가 국가와 민자사업에 의해 추진되어 생활권 영역이 확대되는데는 효과적이었지만 도심지 사이를 통과하거나 산림지를 경유함에 따라 일조영향, 조망확보의 곤란에 따른 안전사고의 문제가 따르고 있다.

일반 거주지의 환경 문제에 일조환경이 심각한 문제중의 하나로 인식되어지듯이, 고속도로와 접해 있는 경작지가 밭보다 훨씬 고속도로가 위치하거나 교각 상판이나 방음벽이 설치되는 경우가 있다. 이는 햇빛 가림 현상으로 인해 공사전보다 늦게 햇빛

이 들어오고 일찍 그늘이 지게되어 농사의 냉해를 심각하게 발생시킴으로써 농사의 수확량이 감소하여 보상에 대한 민원의 소지가 되고 있다.

일조권 분쟁시 권리 주장과 판단에는 장기간에 걸친 조사와 분석이 필요하며, 이에 따른 과도한 경비의 지출이 요구되고 있다. 하지만 정확성이 입증된 시뮬레이션 기술과 분석 기술에 의해 단기간 내에 최소의 비용으로 정확한 분석과 예측이 가능할 수 있다.

이와 같이 사전의 평가방법으로서 시뮬레이션 등의 정량적 분석을 통해 향후 안전을 도모하므로써 위험발생 가능성을 최소화할 수 있는 대안이 필요하다. 일조영향에 대한 사전 안전의식 제고를 위해 도로 기본설계시 안전성을 확보하는 차원에서 검토함으로써 민원을 미연에 방지토록 해야 할 필요성

본 연구는 한국학술진흥재단 2004년 신진교수연구지원(과제번호:D00406)에 의하여 수행하는 연구성과물의 중간발표임

이 부각되고 있다.

임의의 지점에서 일조영향은 분석 지점의 위도에 따라 변하며 산이나 언덕 등의 자연 또는 인공장애물이 절대적인 영향을 주게 된다. 또한 일영 및 음영은 도로 구조물이 위치하는 지형적 자연요인과 태양의 계절별 움직임 및 에너지의 변화, 그리고 강수량, 적설량 등의 기상상태에 따라 노면 결빙의 다양한 상태로 나타나게 된다.

이처럼 도로건설사업 초기시 턴키공사심의에 대한 정확한 판단이 요구되면서 일조영향에 따른 노면결빙위험성 분석이 더욱 필요해지고 있으며, 이러한 수요로 인해 도로의 설계단계에서부터 일조권 및 공간분석 개념을 적용한 설계심의를 위해 정확하게 데이터를 제공하는 대안으로서 GIS 프로그램의 필요성과 함께 개발 및 적용이 연구되어지고 있다.

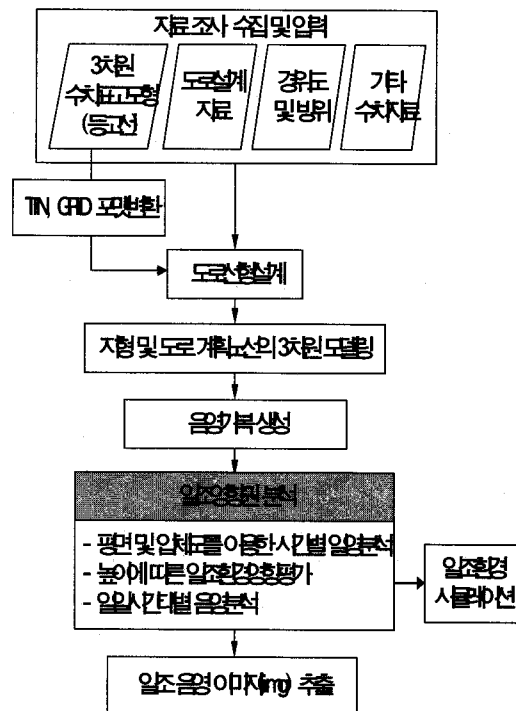


그림 1. 도로의 일조영향분석 흐름도

본 연구에서는 GIS를 이용하여 도로 선형계획구간을 대상으로 음영분석에 따른 시물레이션을 통하여 시간대별 일조영향평가

를 수행하므로써 기본설계에 반영하여 도로 주행 안정성을 확보하는데 그 목적이 있다. 그림 1은 GIS를 이용한 도로의 일조영향분석을 수행하기 위한 연구수행 흐름도를 도식화한 것이다.

2. 대상지역선정 및 자료수집

2.1 위도와 경도 데이터

태양의 고도와 방위각은 분석하고자 하는 대상지의 위치에 따라 그 성과가 달라지므로 본 연구범위로는 경도(128°55' ~ 129°05')와 위도(37°31' ~ 37°41')의 동해고속도로 강릉-동해구간 1~6공구 구간의 약 20km에 달한다.

2.2 태양의 출몰 및 남중 시각

도로구간에 대한 동지날(2004.12.21)의 해의 출몰시각 안내를 표 2와 같이 계산하였다.

표 2. 도로구간에 대한 태양의 출몰 및 남중시각

날짜	2004년 12월 21일 (화요일)	
위치	동해고속도로 구간 동경 129°0'0" 북위 37°36'0"	
낮의 길이	9시 33분 51초	
태양	출	7시 35분 11초
	남중	12시 22분 07초
	몰	17시 09분 02초

2.3 태양의 고도 및 방위각 계산

동지날(2004.12.21)에 시간과 장소가 주어지면 태양의 위치(position)을 30분 간격으로 표 1과 같이 계산할 수 있다.

표 1. 도로구간에 대한 태양의 고도 및 방위각

시각(h:m)	Altitude(°)	Azimuth(°)
07:00	-7.1	114.2
07:30	-1.7	118.6
08:00	3.6	123.2
08:30	8.3	128.2
09:00	12.8	133.5
09:30	16.8	139.2
10:00	20.5	145.3
10:30	23.6	152.0
11:00	26.0	159.0
11:30	27.8	166.5
12:00	28.8	174.2
12:30	29.0	182.1
13:00	28.3	189.9
13:30	26.9	197.5
14:00	24.8	204.7
14:30	22.0	211.6
15:00	18.6	218.0
15:30	14.7	223.9
16:00	10.4	229.4
16:30	5.8	234.5
17:00	1.1	239.2
17:30	-4.5	243.7
18:00	-9.9	248.0

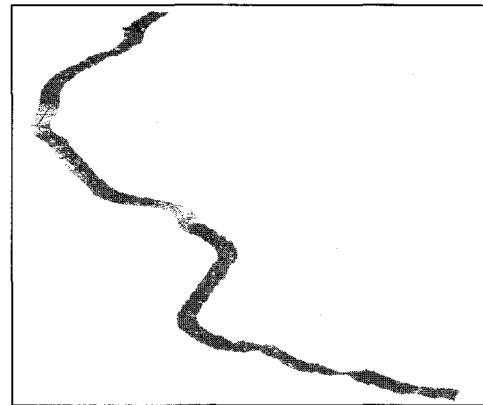


그림 2. 대상지역의 3차원 등고선 뷰

3.2 도로설계과정

도로설계 프로그램인 벤틀리사의 InRoads를 사용하였고 연구대상지역에 존재하는 지면(ground)을 표시하는 모형을 생성하기 위해 그래픽 추출 기능에서에서 등고선 자료를 입력하였다.

InRoads 소프트웨어는 3차원의 작은 면 상태의 지표면을 형성하기 위해 삼각형으로 연결된 일련의 측정점으로 이루어지는 수치지형모형을 사용한다. 현장측량으로부터 점(point)들을 로드시키고 수치지형모형을 생성하여, 지표면 경계선(surface perimeter), 등고선 및 삼각형을 나타낼 수 있다.

3. 노선계획 및 도로 모델링

3.1 3차원 지형 및 도로 선형 데이터

실험대상지역의 3차원 수치표고모형(DEM)을 데이터로 입력하고 도로설계에 대한 세부측량 데이터 관리를 통해 3차원 도로설계를 수행하였다.

수치지형자료의 변환을 통하여 3D 지형 메쉬데이터를 작성하고 동일 좌표체계의 도로선형자료를 중첩시켜 도로 노면의 각 지점별 일조영향분석을 위한 기초자료를 구축하게 된다. 또한, 일조영향에 따른 일영 및 음영분석과 연계하여 기상분석을 수행하기 위해서 실험대상지역의 노선계획에 따른 기본 및 실시설계 자료와 통합 비교할 수 있도록 사전에 도로관련 자료를 수집하여 구축하였다.

동해고속도로구간의 설계 중·평면도를 획득하여 계획노선의 중심선으로부터 횡단간격 300지점까지를 범위로 설정하여 그림 2와 같이 등고선도를 생성하였다.

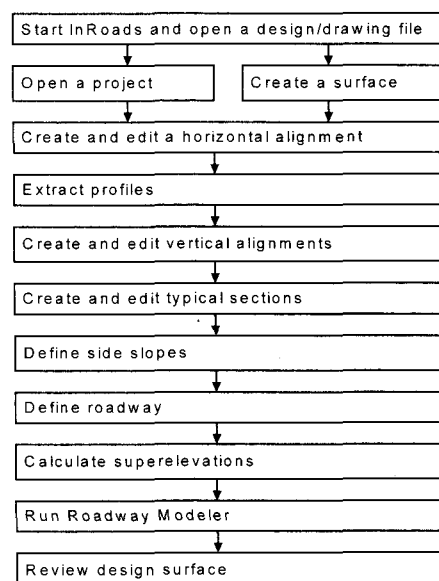


그림 3. 도로설계과정

기존의 지형 및 지세를 모델링하는 이유는 기존의 지형 및 지세를 참조용으로 사용함으로써 도로의 경사(grade)를 설계하고자 하는 것이다. 계획도로(proposed road)를 설계하였을 때, 토목공사용 체적을 계산하기 위해 원래의 지표면에 대해 도로 지표면(roadway surface)을 비교할 수 있다.

InRoads 소프트웨어의 작업흐름은 그림 3과 같이 도로설계 프로젝트를 완성하기까지 거쳐야하는 여러 과정들이 있다.

수치지형모형을 생성함으로써 현존의 지표면을 모형화한 후, 제안된 도로의 평면위치를 정의하기 위해 평면선형을 수립하였다.

도로의 기하학적 프로젝트를 생성한후, 새로운 도로를 위한 선형을 생성하고, PI를 배치함으로써 평면선형의 초기 직선구간(initial tangents)을 동일시하였다. PI와 PI를 연결시킴으로써, 새로운 도로의 중심선이 생성되어지고, 선형을 부드럽게 하기 위해 커브셋을 생성하였다.(그림 4 참조)

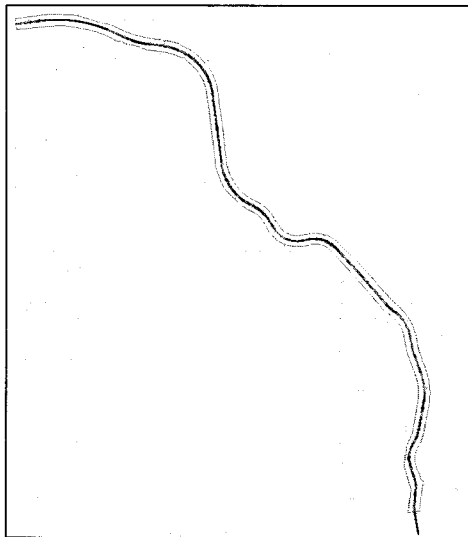


그림 4. 계획 도로구간 설계

그림 5는 계획노선의 중심선을 따라 도로 설계제원을 기준으로 형성된 도로의 3차원 모델링이며, 계획고에 따른 절토·성토의 범위를 색깔별로 구분하여 시각적으로 판단할 수 있다.

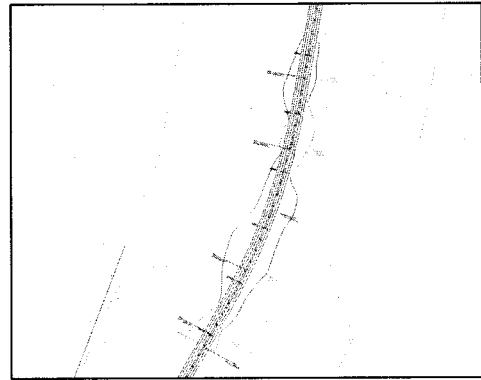


그림 5. 도로구간의 절토 및 성토 구분

그림 6은 그림 5에서와 같이 기존 지형에 설계값을 입력하여 생성된 최종적으로 완성도로를 불규칙삼각망형태로 보여주는 것으로서, 일조분석에 사용하는 자료가 된다.

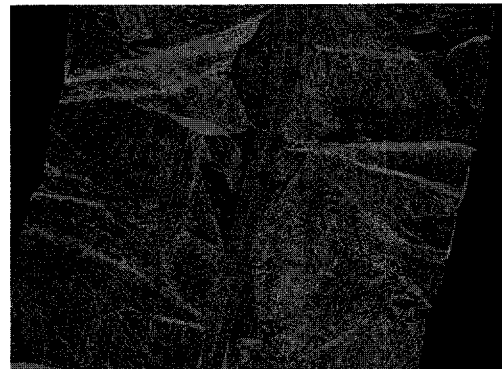


그림 6. 제안 도로의 설계모델링

4. 일조 분석

지형 및 도로 선형데이터, 공사지역의 경위도 데이터를 토대로 GIS의 음영분석을 통하여 시간대별 도로노면 지점별 음영을 분석하였다. 이는 태양의 방위각 및 고도각을 계산하여 설정하여 주고 음영기록 이미지를 생성하게 된다. 음영은 일출에서 일몰 사이에 자연 지형이나 인공 장애물에 의해 태양 빛이 가려져 그림자가 발생하는 것이다.

방위 기준설정은 도로선형방향을 태양의 위치와 결부지어 분석하기 위해 정북방향을

기준으로 시계방향은 (+), 반시계방향 (-)으로 방위를 설정하였다. 태양고도는 지표면(0°)으로부터 형성되거나 구름이나 일반적인 지형조건에 의해 보편적으로는 5°이상, 안전하게는 10°이상을 고려하여 음영을 분석하였다. 최저 태양고도의 설정은 본 연구에서는 5°이상의 태양고도를 고려하여 음영을 분석하였다.

인터그래프사의 마이크로스테이션(MicroStation V8)과 MTA(MGE Terrain Analyst)를 이용하여 평면 및 입체도를 이용한 각 시간별 일영분석 시뮬레이션을 실시하고 높이에 따른 일조분석을 실시하였다. 도로 및 지형 전체에 의한 평가로서 전체적인 평가와 도로에 의한 자체 일영 평가로서 독립적인 평가분석을 통하여 정확한 계획노선에 대한 일조영향평가는 그림 7과 같이 나타났다.

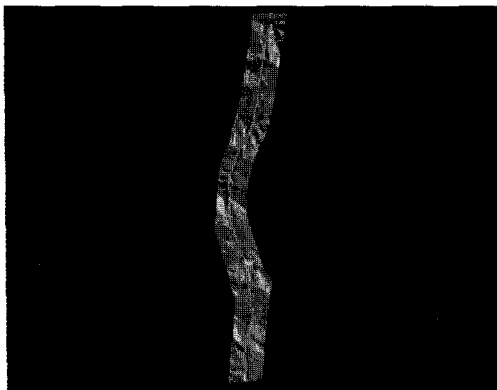


그림 7. 도로 전체구간의 일조 모델링

지형과 계획노선에 의한 일영 시뮬레이션으로 시간대별로 일영 시뮬레이션을 작성하였고, 도로에 의한 일영 시뮬레이션으로 도로에 의해 자체적으로 일영(그림자)가 생기는 부분을 체크하고, 특히 자체적인 일영이 더 많이 발생하는 곳을 파악하였다.

일조분석은 계절별, 일별, 시간대에 따른 태양 고도의 변화에 의해 도로 및 지역에 미치는 일조 영역을 계산하고 이를 시각화하고 정성화된다. 주변 지형에 의한 도로 일사 에너지를 유한요소 분석하여 현장에 적용될 수 있다.

일조환경을 정량적으로 분석하기 위해 도로설계구간에 대한 3차원 수치모형을 작성한 후 앞의 표 1과 같이 동지기준 오전 7시에서 오후 6시까지 30분 단위로 일조율을 분석하였다.

일조분석은 주어진 도로설계구간 내에서 입체 일영분석시 구간에 비친 일조의 면적으로 판단하여 이것을 태양의 고도각과 방위각에 의해 정해진 태양의 위치와 도로 및 인근 지형 지물의 3차원 모델링에 의해 계량적으로 산정하였다.

3차원 모델에 대한 일조 시뮬레이션을 통한 시각적 분석을 실시한 결과, 평면상의 문제점을 해소하고, 컴퓨터를 통하여 실제 3차원상에서 각각의 세부적인 면들에 그림자가 시간대역별로 어떻게 변화하는가를 확인할 수 있었다. 분석 대상면의 그림자 이동을 정확히 파악할 수 있기 때문에 결과치를 근거로 아주 적은 오차범위내에서 수치적 결과를 유추할 수 있었다.

구축한 데이터를 토대로 사용자 또는 결정권자의 판단을 시각적으로 보조할 수 있도록 그림 8에서와 같이 일조영향 모델링 결과를 나타내었다. 이의 정량화 분석을 위해 도로노면 각 지점에 대한 시간대별 일일 일조시간 분석을 수행하여 음영영향권을 알 수 있다.



그림 8. 도로 일부구간의 일조 모델링

도로건설사업시 지리적 형상 및 위치에 따른 노선 선정에 있어서 기상 및 환경의 자연적 요인을 고려한 종합적 검토를 수행하여 도로 주행시 안정성과 쾌적성을 수립할 수 있도록 해야 한다. 그 일환으로 도

로 구조물이 위치하는 지형적 형상과 관련한 태양의 움직임 분석하였다.

대부분의 3차원 일조 시뮬레이션에서 가장 문제되는 부분은 광역 모델링 및 주변 지형에 대한 정밀 모델링이다. 도로와 주변의 지형을 고려하지 아니하고 자체적 도로 구조물에 따른 주위환경의 일조침해 정도를 파악하는 것은 비교적 용이하다. 그러나 노선계획시 노선 주변에 있는 지형 및 시설물에 의하여 도로에 미치는 일영 및 음영을 추가 분석할 때에는 도로 및 지형에 대한 상세 자료 모델링이 필요하였다.

5. 결론

도로의 효율적 노선계획을 위하여 음영분석을 이용한 일조영향평가를 실시하고 관련 기상분석자료와 도형 및 속성 자료로 GIS 데이터베이스를 구축함으로써 도로 계획 및 설계분야에 다음과 같은 활용성을 기대할 수 있었다.

도로의 시공단계에서 사용하는 것보다 계획단계부터 도입하여 일조영향의 정성적 평가는 물론 정량적, 과학적인 분석이 충분히 가능하므로 사전 검토안 자료로 충분히 활용될 수 있을 것이다.

주민 공청회시 도로건설에 따른 지형지물 별로 일조내역을 3차원 시뮬레이션으로 제공함으로써 향후 일조관련 민원해소차원에서 차별화된 설명자료로 활용할 수 있을 것이다.

도로공사를 완료했을 당시 현장사진과 일조분석에서의 결과자료를 비교한 내용으로써 정확하게 실제 현장사진과 같은 일영이 나타나고 있는지를 사전에 확인할 수 있는 신뢰성있는 평가자료로 사용할 수 있다.

참고문헌

1. C. Armenakis, F. Leduc, I. Cyr, F. Savopol, F. Cavayas, A comparative analysis of scanned maps and imagery for mapping applications, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 57, pp.304-314, 2003.
2. Markus Gerke, Matthias Butenuth, Christian Heipke, Felicitas Willrich, Graph-supported verification of road databases, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 58, pp.152-165, 2004.
3. Javier G. Corripio, Vectorial algebra algorithms for calculating terrain parameters from DEMs and solar radiation modelling in mountainous terrain, International journal of geographical information science(IJGIS), vol.17, No.1, pp.1-23, 2003.
4. Xiaojun Yang and C. P. LO, Modelling urban growth and landscape changes in the Atlanta metropolitan area, International journal of geographical information science(IJGIS), vol.17, No.5, pp.463-488, 2003.
5. Luis A. Bojo' Rquez-Tapia, Salomo' N Di'Az-Mondrago' N and Exequiel Ezcurra, GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment, Int. J. Geographical Information Science, vol. 15, no. 2, pp.129-151, 2001
6. CAD & Graphics, 삶의 질을 높이는 일조분석 프로그램, pp.49-67,

- 2002.11.
7. 오규식, 채명신, 정연우, 컴퓨터 시뮬레이션 기법을 활용한 도시 공공공간의 일조환경 분석, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」, 제 36권 2호, pp.209-222, 2001.4.
 8. 이우종, 이창수, 아파트 단지 배치에 대한 일조권 규제의 개선방안에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」, 제 33권 제 3호, pp.138-158, 1998.5
 9. 허윤경, 이성호, 공동주택의 일조환경 개선을 위한 이격거리 기준에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지 「국토계획」, 제 36권 제 5호, pp.139-147, 2001.10.
 10. 임인섭, 황창섭, 최석근, 효율적 도로관리를 위한 통합정보관리시스템 개발, 한국측량학회지, 제 21권 제 4호, pp.331-339, 2003.12.
 11. 김광우, 컴퓨터를 이용한 일조권 분석에 관한 연구, 태양에너지, 제 12권 제 3호, pp.1-9, 1992.
 12. INTERGRAPH, Image Analyst User's Guide, pp.352-365.
 13. ERDAS, IMAGINE 8.6, Tour Guide, pp.66-67.
 14. ESRI Arc/Info, Spatial Data Concepts, Environmental Systems Research Institute, Redlands, 1997.
 15. USNO(United States Naval Observatory) Astronomical Applications Department 웹사이트 (<http://aa.usno.navy.mil/>)
 16. 한국천문연구원 웹사이트 (www.kao.re.kr)