

도로 공사의 시공계획을 위한 GIS의 적용

GIS Application for Planning Roadway Construction

강 상 혁* 서 종 원**
Kang, Sang-Hyeok Seo, Jong-Won

요 약

도로 공사의 시공계획을 위해서는 설계, 공법, 물량, 단가, 생산성 등에 대한 다양한 형태의 많은 정보가 필요하다. GIS와 같은 통합된 환경의 매개체를 이용하면 공간 및 비-공간 정보의 효율적인 통합 관리가 가능할 수 있다. 이에 본 논문에서는 시공계획 시 설계 단계에서 생성된 정보의 활용을 극대화 하고자 GIS를 적용하였다. 특히 GIS가 제공하는 설계된 도로 및 주변 환경에 대한 공간 분석(Spatial Analysis)과 시각화(Visualization)의 기능을 이용하면, 도로 공사 시공계획 시 계획자의 판단에 큰 도움을 줄 수 있다. 본 논문에서 제안하는 도로 공사 시공계획 시스템의 두 가지 중요한 특징은 설계와 시공 정보에 대한 통합기능과 GIS상에서 도로 시설물에 대한 설계 데이터의 실시간 모듈화 기능에 근거한 계획자와의 상호 작용식 계획 기능으로, 도로 사업을 구성하는 도로, 교량, 터널 시설물 중 도로부의 시공에 대해 적용해 보았다.

키워드: GIS, 시공계획, 정보 통합, 공간 스케줄링

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

도로 공사의 시공계획을 위해서는 설계, 공법, 물량, 단가, 생산성 등에 대한 다양한 형태의 많은 정보가 필요하다. GIS와 같은 통합된 환경의 매개체를 이용하면 효율적인 정보의 취합, 관리 및 처리를 가능케 하여 공법선정, 물량/비용 산출 그리고 공정계획을 포함한 도로 공사의 시공 계획 과정을 개선시킬 수 있다. 특히, GIS가 제공하는 설계된 도로 및 주변 환경에 대한 공간 분석(Spatial Analysis)과 시각화(Visualization)의 기능을 이용하면, 도로 공사 시공계획 시 계획자의 판단에 큰 도움을 줄 수 있다. 본 논문에서 제안하는 GIS를 이용한 도로 공사 시공계획 시스템의 두 가지의 중요한 특징은 설계와 시공 정보에 대한 통합기능과 이에 근거한 계획자와의 상호 작용식(interactive) 계획 기능이다. 본 논문은 도로사업을 구성하는 도로, 교량, 터널 시설물 중 도로부의 시공에 대하여 적용하여 보았다.

2 GIS(Geographic Information System)에 근거한 도로공사의 정보통합

현재 도로의 설계는 CAD/CAE Tool을 이용하여 많이 진보된 향상을 보였지만, 디지털화 된 설계 정보가 시공 계획 단계에서 사용되는 것은 극히 미미한 수준이다. 건축 분야의 경우 모듈화한 설계부재를 바탕으로 설계와 시공 정보를 통합시키고자 하는 노력이 상당히 많이 진척된 상태이다 [Yau 1992 ; Marir et al. 1998 ; Koo and Fischer 2000 ; Cheng 2001]. 최근 토목 분야에서도 토공을 중심으로 하여 도로 공사의 설계 데이터를 시공계획에 사용하고 자 하는 노력이 착수되었다 [Hassanein and Moselhi 2002]. 본 연구에서 제안하는 GIS를 이용한 도로 공사의 시공계획 시스템은 설계와 시공정보의 통합에 그 근거를 두고 있다. 본 절에서는 제안하는 시스템의 전체적인 구조 및 정보 통합 방안에 대해 설명하였다.

2.1 전체적인 구조

그림 1은 제안된 시스템의 전체적인 구조를 보여준다. 형상/위치 정보의 보다 능률적인 활용을 위해 설계 CAD 데이터는 해당 GIS 레이어로 전환되며, 전환된 GIS 형식의

* 학생회원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

** 종신회원, 한양대학교 토목공학과 조교수, 공학박사

본 연구는 한양대학교 건설연구소 연구비 지원에 의한 연구의 일부임.

파일은 공간 속성 테이블 (Spatial Attribute Table)을 갖게 되며, 공간 속성 테이블과 시공관련 정보를 포함한 非-공간 속성 테이블 (Non-spatial Attribute Table)을 사용자와의 상호 작용식 공간 일정계획(Spatial Scheduling) 결과에 근거하여 연결함으로써 공사 물량, 비용 그리고 작업 기간을 포함한 작업 리스트를 생성한다. 작업 리스트는 일정 계획 소프트웨어로 이동되어, 상세 공정 작업이 끝난 후 시스템에 공사 날짜 정보를 연결 시켜줌으로써 공사의 일련 과정이 시각적으로 표현 될 수 있고 이에 대한 분석도 가능해진다. 시스템 기능의 자세한 사항은 다음과 같다.

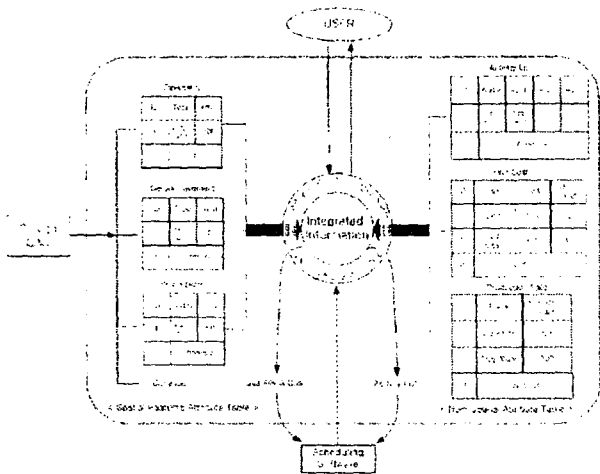


그림 1. 시스템의 정보 통합 구조

2.2 CAD에서 GIS로의 전환

이차원 평면도 형태의 설계 CAD 파일은 적절한 GIS 레이어로 전환되고, 위치 및 형상 정보를 갖고 있는 공간 속성 테이블 (Spatial Attribute Table)은 설계 CAD 파일을 GIS로 전환한 후에 자동으로 생성된다. 이렇게 생성된 넓이, 둘레 길이 그리고 선의 길이 같은 기하 정보는 공사 물량 산출의 기초 자료가 된다[Seo et al.].

표 1. 레이어와 Feature Class

Work Section	Layer(Construction Element)	Geometry
Pavement	Pavement	Polygon
	Detour Pavement	Polygon
Earthwork	Cut/Fill Boundary	Polygon
Drainage	Culvert	Polyline
	Pipe	Polyline
	Manhole	Point
	Inlet/Outlet	Point
	Gutter	Polyline

2.3 시설물의 구성요소와 GIS 레이어

도로 공사의 시설물 구성요소는 GIS 레이어로 분류되어

저장된다. 레이어는 하나의 기하형식 (예 : 점, 선, 면) 으로 구성되며, 표 1은 도로 공사의 대표 공종별 주요 시설물 구성요소를 저장하는 레이어와 해당 기하형식을 보여준다.

2.4 非-공간 속성 테이블

작업 아이템에 따른 단가, 작업률 및 작업 조합 데이터 같은 공간 도형에 직접적으로 나와 있지 않은 부가적인 정보가 물량과 비용 그리고 작업 리스트의 산출을 위해 필요하다. 非-공간 속성 테이블은 이와 같이 도로의 구성요소에 따른 작업의 조합(Activity Assembly), 작업의 단가 (Unit Cost), 작업률(Production Rate)에 대한 테이블로 구성되어 있다. 여기서 작업의 조합은 공간 속성 테이블에 저장되어 있는 그래픽 오브젝트와 관련되어서 필요한 세부 공정 작업들로 이루어진다. 예를 들어 그림 1에 보인 바와 같이 콘크리트 포장(Concrete Pavement)을 나타내는 그래픽 오브젝트인 폴리건은 "Aggregate Base" 와 "Concrete" 두 작업을 갖게 된다.

2.5 정보 통합 프로세스

공간 데이터와 非-공간 데이터의 통합은 Visual Basic 인터페이스에 의해 이루어진다. 사용자에게 의해 선택된 그래픽 오브젝트는 작업 아이템 조합 데이터를 갖고 있는 시설물 구성요소 중 하나와 연결된다. 이 때 시스템은 여러 도로 공사 구성요소 옵션을 제공함으로써 사용자가 쉽게 공간 데이터에 非-공간 데이터를 연결 할 수 있는 작업 환경을 제공한다. 그리고 단가 데이터와 작업률 데이터 같은 구성요소의 작업 아이템에 따른 세부 정보는 마련되어 있는 非-공간 속성 테이블로부터 참조되어 물량 산출, 견적 계상 그리고 작업 기간 산정에 사용된다. 최종적으로 얻어진 정보들은 하나의 새로운 테이블로 할당되게 된다. 그림 2는 정보의 통합 경로와 물량 및 견적 산출, 작업 기간 산정의 과정을 모식적으로 보여준다. 생성된 작업 리스트는 공정 관리 소프트웨어로 전달된다. 작업 영역과 함께 세분화된 일련의 순서는 공정 소프트웨어에서 처리된다. 일단 공정작업이 끝나면, 정확한 작업 시작 및 종료 날짜를 가진 순서 정보가 GIS로 다시 보내진다. 이 정보는 도형 속성 테이블에 더해지고 이 정보를 기반으로 작업 순서 시각화가 가능해진다

3. 상호 작용식 계획기능

3.1 공간 스케줄링 & 작업 리스트 생성

건축 시설물과는 달리 도로에 대한 설계 데이터는 모듈화 되어 있지 않으므로 사용자가 제안된 시스템을 이용하

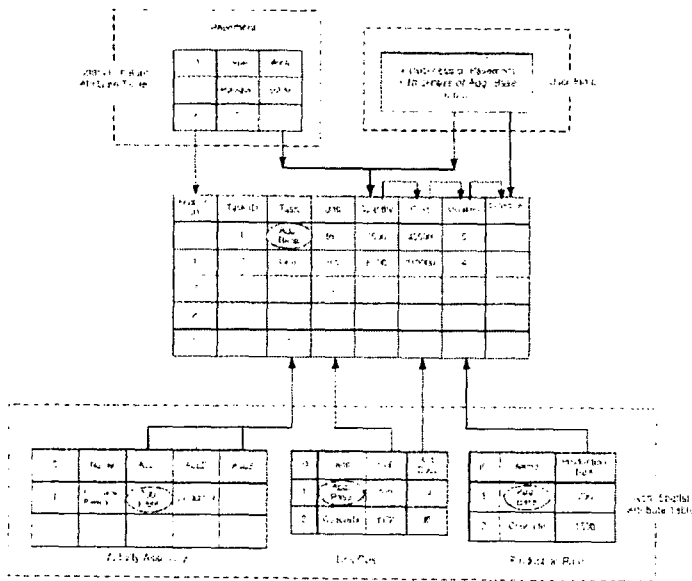


그림 2. 데이터의 이동 경로

여 상호 작용식으로 공간 스케줄링을 하면서 시공 단계를 위한 작업 영역을 결정하게 된다. 우선 사용자가 관심 있는 시설물 부위에 대한 레이어를 활성화 시킨 후 직접 새로운 폴리곤을 정의하면 선택된 시설물 부위와의 교집합 부분이 새로운 그래픽 오브젝트로 생성되고, 이는 그림 3과 같이 곧 사용자가 직접 임의의 공사 단계를 나누고, 나누어진 그래픽 아이템에 대하여 관련된 非-공간 데이터와의 연계를 통하여 작업 리스트를 생성해 내고 물량과 비용을 산출할 수 있게 됨을 의미한다. 이 기능은 건축 시설물과 같이 모듈화되어 있지 않은 2차원적 도로 시설물을 사용자가 임의로 분할하여 분할된 설계 모듈에 대해 시공정보를 연계시켜 준다는 점에서 중요한 의미를 가진다. 작업 리스트는 정의된 작업 영역 내에서 생성된다.

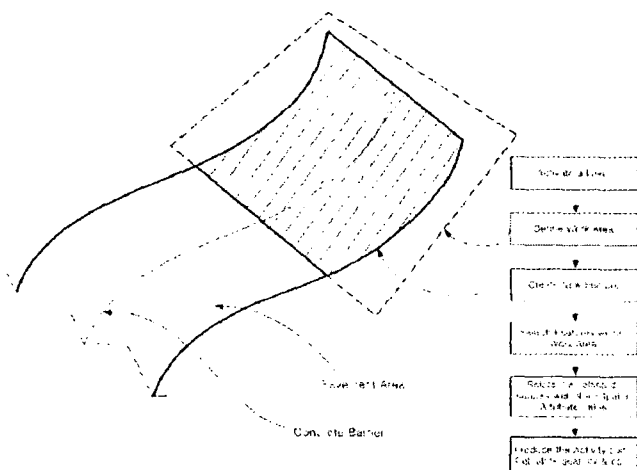


그림 3. 공간 스케줄링 기능

3.2 일정 계획 소프트웨어와의 연동 및 공정시각화

위의 과정으로부터 얻어진 작업 리스트(Activity list)는

일정 계획 소프트웨어로 직접 이동되어 보다 세밀한 일정 계획 작업을 용이하게 만들어 주며, 작업 시작 날짜, 작업 완료 날짜 등의 정보에 근거한 상세한 일정 계획 정보 테이블을 얻을 수 있게 된다. 이렇게 얻어진 일정 계획 정보 테이블은 다시 그래픽 오브젝트와 연계되어 일련의 작업 과정의 시각화 및 분석이 가능하게 된다. 시스템은 시공 순서를 그래픽 오브젝트의 색깔을 바꾸어 줌으로써 시각화할 수 있으며, 이를 바탕으로 계획자는 시공 순서에 대한 직관적인 검토를 할 수 있으며 필요시 시공 계획을 다시 하게 된다.

4. 시스템 구현

CAD에서 작성된 이차원 설계 도면은 ArcView의 한 어플리케이션으로 맵 데이터 관리를 위해 쓰이는 ArcCatalog에 의해 GIS 파일 형식 중 하나인 shapefile로 전환된다 [ESRI 1999]. 非-공간 속성 테이블인 Activity Assembly, 단가, 작업을 테이블은 Microsoft Access에서 제작되었고, Map 디스플레이, 공간 분석 등의 GIS 기능에 관한 라이브러리인 MapObjects2.0을 구성요소로 갖는 Microsoft Visual Basic6.0을 기반으로 사용자 인터페이스가 구축되었다 [Ralston 2002]. 공간 분석, 정보 통합 등의 과정은 이 사용자 인터페이스와 함께 진행된다. 분석을 마친 후 지정된 영역에 따른 정리된 테이블을 Excel 파일로 얻게 된다. 그림 4는 시스템의 구현과 알고리즘을 도식적으로 보여준다.

4.1 데이터 준비

ArcCatalog에 의해 CAD 형식의 2-D 설계도면 파일이 GIS 형식으로 전환된다 [ESRI 1999 ; Ormsby 2001]. 연구에서 사용된 GIS 파일 형식은 shapefile이며 이 파일은 그래픽 정보를 갖고 있는 *.shp file과 그에 해당하는 공간 속성 테이블 정보를 갖고 있는 *.dbf file 그리고 이 둘을 연결시켜 주는 인덱스 파일로 구성되어 있다. 공간 속성 테이블에는 물량 및 비용 산출의 기초가 되는 feature의 기하 정보가 담겨 있다. 도로 공사 구성요소에 따른 작업의 조합 데이터를 갖고 있는 Activity Assembly 및 작업 아이템에 따른 단가 그리고 작업을 테이블을 가지고 있는 단가 테이블과 작업을 테이블은 非-공간 속성 테이블로 Microsoft Access에서 제작되었다.

5. 결론

본 연구에서는 시각적인 공간 분석과 정보 통합 기능을 바탕으로 하여 도로 공사의 시공계획 과정을 향상시킬 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 모듈화 되어

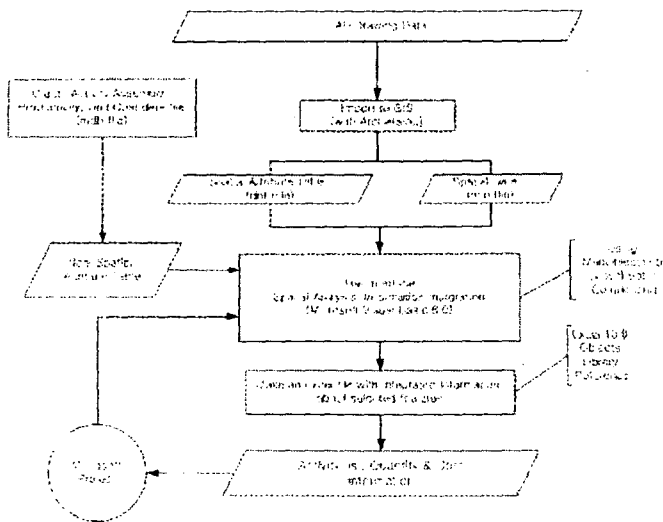


그림 4. 시스템 구현

있지 않은 2차원적 도로 시설물에 대한 설계 데이터를 사용자의 상호 작용식 공간 스케줄링 기능을 통하여 작업 영역별로 모듈화를 가능케 하고, 공정과 물량, 비용 정보를 산출하게 되고, 공정을 시각화하여 표현할 수 있다. 이에 따른 본 논문은 도로부의 시공에 대하여 적용되었는데 추후 교량 및 터널 시설물의 시공 계획과의 연계 방안을 모색하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국에스리 교육센터(2000), Introduction to ArcGIS Desktop, 한국GIS인력개발원
2. Cheng, M. and Yang, S.(2001), GIS-Based Cost Estimates Integration with Material Layout Planning, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.127 No.4, pp.291~299
3. Enviromental Systems Research Institute, Inc.,(1999), Programming MapObjects with Visual Basic, 순천청암대학
4. Hassanein, A. and Moselhi, O.(2002), Automated Data Acquisition and Planning of Highway Construction, International Symposium on Automation and Robotics

in Construction, 19th(ISARC). Proceedings. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland. pp.149~154

5. Koo, B., Fischer, M.(2000), Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction, *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.126 No.4, pp.251~260
6. Marir, F. et al.(1998), OSCONCAD:A model-Based CAD System integrated with computer applications, *ITcon Vol.3*, pp.26~46, <http://www.itcon.org/1998/3>
7. Ormsby, T. et al.(2001), Getting to know ArcGIS Desktop, ESRI PRESS
8. Ralston, B.(2002), Developing GIS Solutions with MapObjects and Visual Basic, ONWORD PRESS - THOMSON LEARNING
9. Seo, J., Ankam, P., Nokes, K.(2002), Integrating Design and Construction for Highway Projects Unpublished Paper, Dept. of Civil Eng. The Univ. of New Mexico
10. Yau, N.(1992), An Object-Oriented Project Model for Integrating Building Design, Construction Scheduling and Cost Estimating for Mid-Rise Construction. Ph.D Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1998

Abstract

Roadway construction planning processes involve a large amount of information on design, construction methods, quantities, unit costs, and production rates. GIS (Geographic Information System) is a strong tool for integrating and managing various types of information such as spatial and non-spatial data required for roadway construction planning. This paper proposes a GIS-based system for improving roadway construction planning with its 'Spatial Analysis' and 'Visualization' functions. The proposed system can help construction planner make a proper decision in a unique way by integrating design information and construction information within the system and creating design element modules for space scheduling purposes in real-time with its 'Interactive Planning' function.

Keywords : GIS, Construction planning, Information integration, Space scheduling