

GIS를 이용한 진동환경 관리시스템 개발

허영*, 구용우**

Development of the Vibration Management System using GIS

Young Huh*, Yong Woo Koo**

ABSTRACT

특정 지역에서의 진동환경을 파악하기 위해서는 그 지역 내에서 발생하는 진동원의 종류 및 지반을 통한 진동전파 현상을 예측하고, 해당 지역이 가지고 있는 진동환경에 관한 조건들이 동시에 고려되어야 한다. 이를 위해서는 지반동역학과 관련된 정보들과 함께 해당 지역의 지리적 또는 환경조건에 따른 정보 등 많은 정보의 종합적인 분석이 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 GIS Software인 PC ARC/INFO를 사용한 진동관리시스템을 개발하였다.

1. 서론

인간사회가 날로 발전함에 따라 지형공간정보(地形空間情報)를 수집하고 이를 분석하는 기능들에 대한 의존도가 증대하고 있다. 이러한 지형공간정보체계(地形空間情報體系, Geo-Spatial Information System)는 사용자에게 자료에 대해서 빠르고 용이한 접근을 제공하며 의사결정과정에 사용되도록 쉽게 이해할 수 있는 형태의 정보를 제공한다. 그러므로, 많은 양의 자료를 효율적으로 처리, 분석할 수 있고 기본지도 및 지형속성자료, 다양한 응용목적에 따른 입·출력, 처리, 분석 및 결과도시기능을 활용할 수 있는 GIS(Geographic Information System) Software인 PC ARC/INFO를 사용하여 진동환경관리시스템을 개발하였다.

우리나라의 경우, 사회간접자본시설의 확충을 위한 여러 종류의 건설현장에서 발생하는 진동은 해당 지역의 진동환경을 해쳐, 이의 파악 및 해결을 위한 진동환경관리시스템의 개발이 요구되었다.

진동이 문제가 되는 경우의 예로는, 먼저 건설현장에서 발생하는 발파, 항타등의 건설진동과 함께 도시지역에서의 교통난 해소를 위한 지하철에 의한 진동인 교통진동 등이 있으며, 최근에는 이러한

진동원에서 발생하는 진동에 의한 민원문제가 급증하는 추세이다.

본 논문의 목적은 진동으로 인한 민원들의 발생여부를 사전에 예측할 수 있기 위해, 진동원을 점진동원과 선진동원으로 구분하여, 이러한 진동원의 종류에 따른 진동전파 현상을 관련 예측식에 의해 파악하고, 이를 법정규제치와 비교하여, 설계시 이를 반영함으로써 효과적인 진동저감대책을 수립하는데 있다. 이를 위하여 지형공간정보체계를 적용하여 발파진동의 예측식을 구성하는 자료와 지하철운행시 발생하는 진동의 예측식을 구성하는 자료, 지하철, 인접건물, 주변지역의 속성 및 위치정보의 자료기반을 구축함으로써, 효과적인 진동환경관리를 위한 관리시스템을 개발하였다.

2. GIS의 기본개념

GIS(Geographic Information System)은 실세계의 인간활동공간에 관련된 제반현상등을 Database화하고 사용자는 컴퓨터와 이를 분석하는 소프트웨어를 사용하여 공간요소에 연계된 속성정보와 위치정보를 수치적 자료로 입력하고, 정보들의 사용목적에 따라 이를 관리, 처리, 분석하여 필요한 결과물을 출력할 수 있는 기능을 갖춘 공간분석에 관한 종합적인 정보관리체계이다. 그림 1은 이같은 GIS의 구성을 나타낸다.

* 수원대학교 토목공학과 조교수

** 수원대학교 토목공학과 대학원

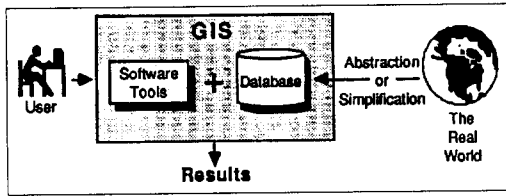


그림 1, GIS의 구성 (참고문헌[4])

GIS의 입력자료인 위치, 속성정보는 소정의 축척, 투영법 및 좌표계에 따라 전산화에 적합한 수치형식의 자료로 저장되며, 자료는 개념적으로 자료층(資料層, layer) 또는 면으로 구성되어 각층마다 다른 주제의 정보가 수록된다. 그림 2는 실세계의 많은 구성요소들을 Hydrology, Topography, Land-use, Soil, Streets 등의 여러장의 단위도면으로 주제별 분류시킨, 자료기반의 구성예를 보여준다. 이같은 단위도면의 체계적인 관리기법은 주어진 문제에 대한 자료기반을 구축하게 된다.

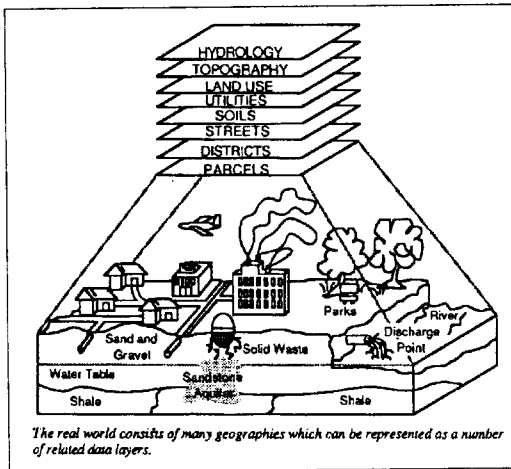


그림 2. 자료기반 구성의 예 (참고문헌[4])

자료기반의 위치정보를 구축하는 요소는 도형정보이다. 이는 지도의 특정한 지도요소의 수치적 설명이며, 지형공간정보체계에서는 컴퓨터의 영상면, 종이 등에 나타내기 위한 지도나 도면을 생성하는데 사용한다. 도형정보의 6가지 요소로는 Point, Line, Poly, Pixel, Grid, Symbol이 있으며, 그림 3은 자료층에서 도형요소의 사용된 예를 보여주는 것으로, Point는 우물이나 특정지점을 나타내는 요소의 활용시, Line은 도로나 관망같은 요소의 활용시, Poly는 토질이나 호수같은 면적을 갖고

있는 요소의 활용시 사용한다.

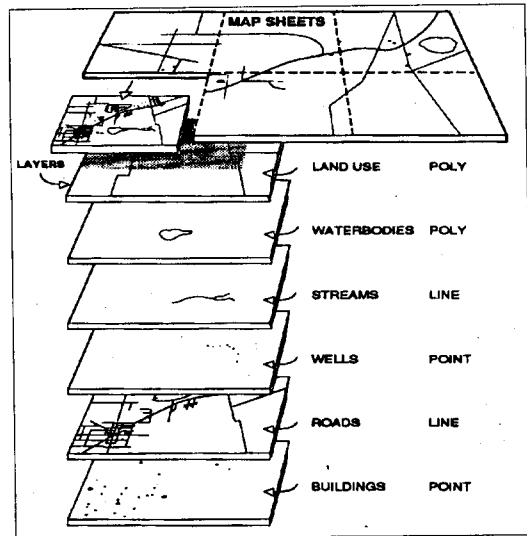


그림 3. 자료층의 도형요소 활용 (참고문헌[4])

속성정보는 대상결정에 따라 기초자료에서 최종 결과물에 포함될 자료의 종류를 결정한다. 속성자료의 내용은 주제에 따라 내용이 달라지므로 별도의 자료층(Layer)을 구성한다. 속성정보의 Database는 위치자료 이외에 그 지역과 관련된 속성 자료를 함께 관리한다. 그림 4는 속성정보의 Database 구성 예로써 하나의 지형요소에 대한 모든 정보를 Record라하고, Database내의 모든 지형요소에 대한 하나의 정보유형을 Item이라 한다. 이는 지도형상의 특성, 질 관계와 지형적 위치를 나타내며, 자료를 코드화하면 Database의 크기도 줄일 수 있다.

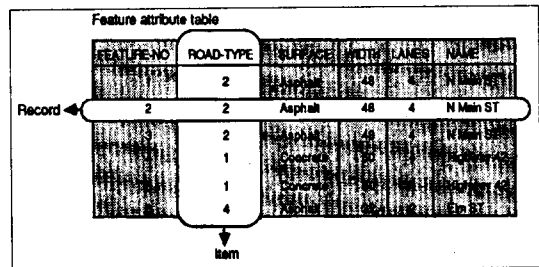


그림 4. 속성정보의 Database 구성 (참고문헌[4])

각각의 자료층이 주어진 기본도(基本圖, Base Map)를 기초로 좌표계의 통일이 되면 둘 또는 그 이상의 자료관측에 대해 분석될 수 있으며, 이러한 기법을 중첩(重疊, overlay) 또는 합성해석(合成解

析, composite analysis)이라 한다. 이와 같은 자료의 중첩분석은 그림 5에서와 같이 두 층을 단순히 합하는 Union과 제한된 한 층의 경계안에서 합하는 Identity, 두 층의 교차하는 부분만을 합하는 Intersect가 있다.

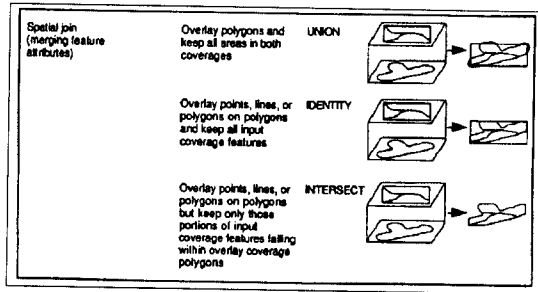


그림 5. 자료의 중첩분석 (참고문헌[4])

공간분석을 통한 의미있는 결과를 도출하기 위해서는 자료를 분석하기 전에 분석하고자 하는 목적을 분명히 하여 문제를 파악하고, 분석결과를 도출하는데 필요한 분석기준을 설정하여, 일련의 작업절차를 구성해야 한다.

최근에는 다원화되고 급변하는 생활환경에 적응하기 위하여 정보체계가 다양해져 가고 있다. 이들 정보체계의 상호의존성과 연계성을 감안해 통합운영하려는 움직임이 도처에서 시도되고 있으며, 기존의 GIS(Geographic Information System)/LIS(Land Information System)/UIS(Urban Information System)/FM(Facility Management)등의 소체계를 통합한 운영체계인 지형공간정보체계(GSIS)로 제시된다.

3. GIS의 구축

본 연구에서 사용한 GIS용 소프트웨어는 미국 ESRI사의 PC ARC/INFO V3.4.2로 시스템의 구축과정을 단계별로 설명하면, 그림 6에서와 같이 작업대상을 결정한 후, 자료설계, 공간정보입력, 속성자료에 대한 추출 및 입력, 공간정보와 속성자료의 연계, Coverage Data 생성, 자료관리, 자료를 분석하고, 이에 따른 분석결과물을 작성한다.

3.1. 대상 설정

발파 및 지하철운영에 따른 진동환경을 대상으로 설정하고, 이에 필요한 자료로는 지하철, 궤도 및 구조물, 인접 건물, 주변 지역, 측정지점, 발파에 관한자료이다.

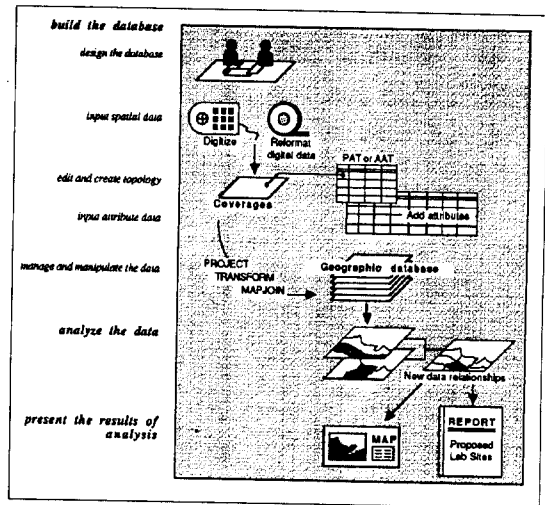


그림 6. 시스템 구축 순서 (참고문헌[4])

3.2. 자료 설계

여러장의 단위도면을 주제별로 분류시키는 것으로 자료층의 구조는 지하철, 건물, 지역, 발파, 측정 등을 주제별로 계층화하고 도면의 용도에 따라 임의의 자료를 합하여 검색과 출력이 가능하게 분류하여 자료설계를 하였다.

3.3. 자료의 수집 및 세부설계

본 연구에서는 지도 자료층을 크게 7개의 자료층으로 구분하였으며, 이는 지하철, 궤도 및 구조물, 인접 건물, 주변 지역, 발파 지점, 측정 지점, 예측식으로 나온 진동의 전파형상별 (점진동, 선진동)등이다. 표 1은 지하철, 궤도 및 구조물에 관한 Database의 자료구조로서 지하철운행시 발생하는 진동에측식에 들어가는 자료들이 포함된다.

표 1. 지하철, 궤도 및 구조물

LAYER NAME	SUBWAY	COVERAGE NAME	SUBWAY
자료형태 POLYGON			
No	Item	ID	W T N.D 비고
1	열차 운행 속도	S_VELO	6 N 2 [km/h]
2	레일 체결 강성	S_Fast	6 N 2 [N/m]
3	터널벽의 두께	S_Thick	6 N 2 [m]
4	열차의 만차시 질량	S_F_M	6 N 2 [ton]
5	궤도의 종류	S_track	20 C -
6	구조물의 종류	S_str	20 C -
7	토질의 종류	S_soil	20 C -
8	구조물의 위치	S_sym	3 N -

표 2는 인접 건물에 관한 Database의 자료구조로서, 지하철 운행 및 발파에 의한 진동예측자료와 비교할 고유진동수, 진동속도규제치 등의 자료와 건물의 고유자료등이 포함된다.

표 2. 인접 건물

LAYER NAME	BUILDING	COVERAGE NAME	BUILDING			
자료형태	POLYGON					
No	Item	ID	W	T	ND	비고
1	인접 건물의 종류	Bu_type	10	C	-	
2	건물의 고유진동수	Bu_fre	6	N	2	[Hz]
3	빌딩의 주소	Bu_add	20	C	-	
4	구조양식	Bu_for	10	C	-	
5	진동속도규제치	Bu_rvv	6	N	-	
6	주요 건물분류	Bu_lm	10	C	-	
7	비고	Bu_no	20	C	-	

표 3은 주변지역에 관한 Database의 자료구조로서, 지하철 운행에 의한 진동예측자료와 비교할 주변지역에서의 주, 야간진동규제치와 주변지역의 고유자료가 포함된다.

표 3. 주변지역

LAYER NAME	BLOCK	COVERAGE NAME	BLOCK			
자료형태	POLYGON					
No	Item	ID	W	T	ND	비고
1	주변지역의 종류	Bl-type	10	C	-	
2	주변지역의 동	Bl-dong	10	C	-	
3	주간 진동 규제치	Bl-drv	6	N	2	[dB]
4	야간 진동 규제치	Bl-nrv	6	N	2	[dB]

표 4는 측정지점에 관한 Database의 자료구조로서 대상지역의 지하철운행에 따른 진동측정결과를 저장하여, 이를 진동예측치와 비교판단하기 위한 자료로, 1/1 Octave Band와 O.A값으로 저장한다.

표 4. 측정지점

LAYER NAME	MEASURE	COVERAGE NAME	MEASURE				
자료형태	POINT						
No	Item	ID	W	T	ND	비고	
1	측정 장소명	Me_na	10	C	-		
2	주소	Me_ad	20	C	-		
3	측정 일시	Me_date	10	D	-		
4	측정지점의 진동 스펙트럼	4Hz	Me_4	6	N	2	[dB]
		8Hz	Me_8	6	N	2	
		16Hz	Me_16	6	N	2	
		31.5Hz	Me_31	6	N	2	
		63Hz	Me_63	6	N	2	
		125Hz	Me_125	6	N	2	
		250Hz	Me_250	6	N	2	
		500Hz	Me_500	6	N	2	
		1000Hz	Me_1000	6	N	2	
O.A	Me_oa	6	N	2			

표 5는 발파에 관련된 Database의 자료구조로서, 발파예측식에 들어가는 폭파감쇠지수, 진동상수, 지발당 최대장약량, 폭원으로부터의 거리 등의 자료가 포함된다.

표 5. 발파

LAYER NAME	BLOCK	COVERAGE NAME	BLOCK			
자료형태	POLYGON					
No	Item	ID	W	T	ND	비고
1	폭파감쇠지수	Bla-dde	6	N	2	
2	폭파진동상수	Bla-vc	6	C	2	
3	지발당최대장약량	Bla-Mpo	6	N	2	[kg]
4	폭원으로부터거리	Bla-dist	6	N	2	[m]

표 6은 선진동에 관한 Database의 자료구조로서 지하철운행에 따른 지반진동추정식에 의한 예측값으로 1/1 Octave Band와 O.A값으로 저장된다.

표 6. 선진동

LAYER NAME	COVERAGE NAME	L_BUFF					
자료형태	POLYGON						
No	Item	ID	W	T	ND	비고	
1	거리	Lb_dist	3	N	-	[m]	
2	예측되는 수진점의 진동 스펙트럼	4Hz	LB_4	6	N	2	[dB]
		8Hz	LB_8	6	N	2	
		16Hz	LB_16	6	N	2	
		31.5Hz	LB_31	6	N	2	
		63Hz	LB_63	6	N	2	
		125Hz	LB_125	6	N	2	
		250Hz	LB_250	6	N	2	
		500Hz	LB_500	6	N	2	
		1000Hz	LB_1000	6	N	2	
O.A	LB_oa	6	N	2			

표 7은 점진동에 관한 Database의 자료구조는 발파진동의 진동속도추정식에 의한 예측값으로 저장된다.

표 7. 점진동

LAYER NAME	COVERAGE NAME	C_BUFF				
자료형태	POLYGON					
No	Item	ID	W	T	ND	비고
1	수진점까지의 거리	Cb_dist	3	N	-	[m]
2	진동 속도	CB_blv	6	N	2	[cm/sec]

3.4. 자료의 연계

지도에서 각 주제별 위치정보와 속성정보에 관한 자료들을 연계하여 하나의 Coverage Data로 만든다.

3.5. 유용한 자료 생성

자료의 연계로 생성된 Coverage data를 갖고서 그림 7의 자료기반의 계층구조도의 형태로 DATA를 구축하여, 적용되는 발파진동에 관한 기초자료 및 지하철운영에 따른 진동에 관한 지하철, 궤도 및 구조물에 관한 자료 등의 분석인자를 인근 건물 및 주변지역에 관한 자료 등의 비교인자를 포함하여 목적에 맞는 분석을 시도하여 유용한 자료를 생성한다.

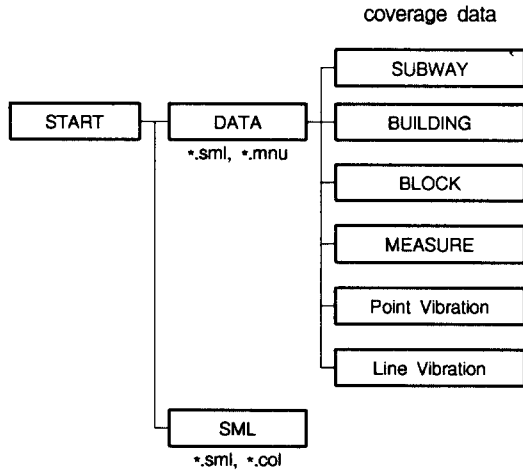


그림 7. 자료기반의 계층구조도

4. 진동관리시스템(VMS)의 구현

진동관리시스템의 구성은 그림 8에서와 같이 Input Module, 예측식 Module, Output Module의 3단계로 구성되며, 사용프로그램인 PC ARC/INFO의 Input Data를 만들기위한 보조적인 Utility Module로 구성되더었다.

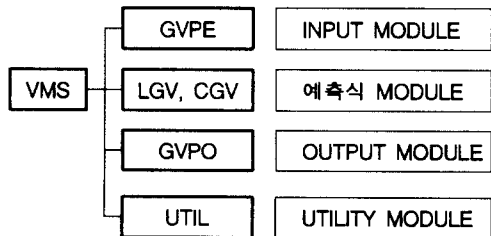


그림 8. 시스템 구성도

진동관리시스템을 구성하는데 사용한 소프트웨어인 PC ARC/INFO의 SML(Simple Macro Lan

-guage)을 이용하여 그림 9에서와 같이 데이터의 입력, 처리, 조합 그리고 결과물 출력에 이르는 과정을 메뉴방식으로 사용할 수 있게 프로그래밍함으로써, 각 자료층별 선택한 자료의 검색, 목록 확인이 가능하며, 이를 통하여 진동예측식에 의한 진동 크기의 공간적 분포를 알 수 있고, 이에 따라 주변지역과 인접 건물에 대한 상관관계를 파악할 수 있게 함으로써, 사용자가 분석시스템을 쉽게 사용할 수 있게 하였다.

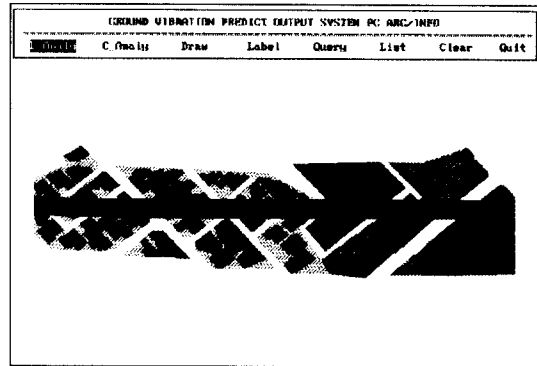


그림 9. 진동관리시스템의 적용대상지 색인

5. 결론

본 논문은 진동환경의 효율적인 관리를 위해 GIS를 이용하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 공간 검색기능이 가능하므로 발파 공사 전 또는 지하철 설계시 진동으로 인한 구조물의 안정이나 여타 민원에 대비해 합리적인 예측을 할 수 있다
- 2) Database를 구축함으로써 새로운 상황에 대처하여 자료의 보관 및 수정, 보완이 용이하다.

6. 향후 연구방향 및 과제

본 연구는 진동정보를 통합하여 진동환경관리체계를 구축하기 위한 연구로써, 향후 고속전철, 도로 등의 교통진동과 여러종류의 발파진동 및 공사현장에서의 파일함타에 의한 진동 등의 다양한 진동정보와 인근 구조물에서의 동적특성을 종합적으로 구현하는 연구 과제가 필요한 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 유복모, 지형공간정보론, 동명사, 1994
- [2] ESRI, PC ARC/INFO USER'S GUIDE, 1990
- [3] ESRI, SML USER'S GUIDE, 1990
- [4] ESRI, Understanding GIS, 1990