

<논 문>

GIS를 이용한 진동환경 관리시스템 개발

Development of the Vibration Management System using GIS

허 영* · 구용우** · 김진구***
Young Huh, Yong-Woo Koo and Jin-Koo Kim

(1996년 11월 8일 접수; 1997년 2월 21일 심사완료)

Key Words : Point Vibration(점 진동), Line Vibration(선 진동), GIS(지리 정보 시스템), VMS(진동 관리 시스템)

ABSTRACT

With recent progress of developing infrastructure, construction vibration from the sites and traffic vibration caused by high-speed rail, subway, and roads is becoming a hazardous factor for vibration environment. In order to predict the damages caused by the vibrations mentioned above the vibration sources have to be distinguished between point vibration and line vibration. Once the character of the vibration source is determined vibration propagation phenomenon needs to be analyzed by using prediction formula, and compared to the limits authorized by the law. The main purpose of this thesis is to manage the efficient vibration by reflecting these finding in making a construction plan. Therefore, Vibration Management System(VMS) was developed which can predict and analyze the extent of developed utilizing Geographic Information System(GIS) to build a database. This database contains the attribute and the location information of the sources for predicting the formula of explosive vibration and subway traffic vibration, the buildings, the surrounding area and measurement sites. VMS will be useful in the future for predicting the vibrations caused by pile drive, traffic vibrations such as high speed electric railway, highway and roads, and other explosive vibrations by supplementing and updating the database.

1. 서 론

인간사회가 날로 발전함에 따라 정보체계는 다변화되고 급변하는 생활 환경에 적응하기 위해 다양해져 가고 있으며, 이러한 지형공간정보를 수집하고, 분석하는 기능들에 대한 의존도가 증대하고 있다. 지리정보시스템(GIS, Geographic Information Sys-

tem)은 사용자에게 자료에 대해서 빠르고 용이한 접근을 제공하며, 의사결정과정에 사용되도록 쉽게 이해할 수 있는 형태의 정보를 제공한다. 그러므로, 본 논문에서는 많은 양의 자료를 효율적으로 처리, 분석할 수 있고, 기본지도 및 지형 속성자료, 다양한 응용목적에 따른 입 출력, 처리, 분석 및 결과도 시기능을 활용할 수 있는 지리정보시스템 소프트웨어인 PC ARC/INFO를 사용하여 특정지역에서의 진동환경을 파악하고, 지역 내에서 발생하는 진동원의 종류에 따른 진동의 크기를 예측 및 분석 함으로써, 효율적인 진동 환경관리를 할 수 있는 진동관리시스템(VMS, Vibration Management System)을 개발하

*정희원, 수원대학교 토목공학과

**현대엔지니어링(주)

***정희원, 삼성물산 건설부문 기술연구소

였다.

우리 나라의 경우, 사회간접자본 시설의 확충을 위한 여러 종류의 건설현장에서 발생하는 진동은 해당 지역의 진동환경을 해쳐, 이의 파악 및 해결을 위한 진동관리시스템의 개발이 요구되었다. 진동이 문제가 되는 경우의 예로는 건설 현장에서 발생하는 발파, 파일 항타 등에 의한 건설진동과 고속전철, 지하철, 도로에서의 차량의 운행에 의해 발생하는 교통진동 등이 있으며, 이러한 진동원에서 발생하는 진동은 해당지역의 진동환경을 변화시키므로, 그 떨림으로 인해 인근 구조물 및 주민에게 불안한 요인으로 작용함으로써 민원을 발생시킨다. 본 논문은 진동원을 점진동원과 선진동원으로 구분하여, 이러한 진동원의 종류에 따른 진동전파 현상을 관련 예측식에 의해 파악하고, 이를 법정규제치와 비교하여, 설계시 이를 반영함으로써 효과적인 진동저감대책을 수립하는데 목적이 있다. 이러한 진동환경의 공간적 분석 및 지속적인 관리를 위하여 지리정보시스템을 적용하여 발파진동의 구성하는 자료와 지하철 운행시 발생하는 진동의 예측식을 구성하는 지하철, 인접건물, 주변지역, 측정지점 등의 속성 및 위치정보의 자료기반을 구축함으로써, 효과적인 진동환경관리를 위한 시스템을 개발하였다.

2. GIS의 기본개념

GIS(Geographic Information System, 지리 정보 시스템)는 컴퓨터를 이용하여 어느 지역의 토지, 환경, 자원, 시설관리 등의 제반 공간요소에 연계된 위치정보와 속성정보를 지리적으로 공간 위치에 맞추어 일정한 형태로 수치화하여 입력, 자료화함으로써 지형공간자료를 구성하고, 그 정보들을 사용목적에 따라 관리, 처리, 분석하여 필요한 결과물을 출력할 수 있는 기능을 갖춘 공간분석에 관한 종합적인 정보관리시스템이다. 지형공간자료에는 위치자료와 속성자료가 있고 공간자료를 제대로 관리하고 분석하려면, 숫자정보와 문자정보만을 처리하게 된 기존의 database 관리체계로는 불가능하다. GIS를 활용하면 각종 수치 속성자료를 지도의 공간적 위치에 대응시켜 관리할 수 있으므로 정보들간의 공간적 위상관계를 쉽게 정립 할 수 있다.

2.1 GIS의 구성

GIS(Geographic Information System)은 인간 활동공간에 관련된 제반현상등을 Database화 하고 사

용자는 컴퓨터와 이를 분석하는 software를 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. Fig. 1은 이같은 GIS의 구성을 나타낸다.

2.2 GIS의 구축 순서

GIS의 구축순서를 크게 4단계로 구분하면 대상결정, database 구축, 정보 분석, 분석 결과의 표현으로 나눌 수 있다.

1단계, 대상 결정은 분석할 대상을 결정하고, 대상지역을 선정한다.

2단계, database 구축은 database 설계과정에서 구축할 대상에 맞게 record와 item을 적합하도록 정리 하고, DBMS(Database Management System) software를 이용하여 정리된 자료를 입력한다.

3단계, 정보 분석은 공간분석을 통한 의미있는 결과를 도출하기 위하여 실시하며, 공간자료를 분석하기 전에 문제를 파악하고 일련의 작업절차를 구성한다.

4단계, 분석 결과를 적절하게 표현하기 위하여 대상에 따른 표현방법을 구상한 후 지도의 범위를 정하고, 대상의 목록을 설정하여 지도를 작성하기 위한 계획을 세운다.

2.3 자료의 특성

GIS의 입력자료인 위치정보와, 속성정보는 소정의 축척, 투영법 및 좌표계에 따라 전산화에 적합한 수치형식의 자료로 저장되며, 자료는 개념적으로 자료층(資料層, layer) 또는 자료면으로 구성되어 각 층마다 다른 주제의 정보가 수록된다. Fig. 2는 실세계의 많은 구성요소들을 Hydrology, Topography, Landuse, Soil, Streets 등의 여러장의 단위도면으로 주제별 분류시킨, 자료기반의 구성 예를 보여준다. 속성정보는 대상결정에 따라 기초자료에서 최종결과물에 포함될 자료의 종류를 결정한다. 속성자료의 내용은 주제에 따라 내용이 달라지며별도의 자료층

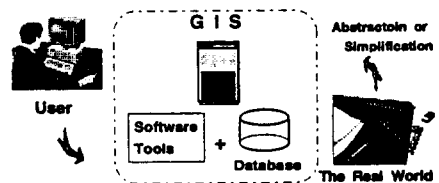


Fig. 1 Component of a GIS

(layer)을 구성한다. 속성정보의 database는 위치자료 이외에 그 지역과 관련된 속성자료를 함께 관리한다.

Fig. 3는 속성정보의 database 구성 예로써 하나의 지형요소에 대한 모든 정보를 record라 하고, database 내의 모든 지형 요소에 대한 하나의 정보유형을 item이라 한다. 이는 지도형상의 특성, 질관계와 지형적 위치를 나타내며, 자료를 코드화하면 database의 크기도 줄일 수 있다.

각각의 자료층이 주어진 기본도(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 Fig. 4에서와 같이 두 층을 단순히 합하는 union

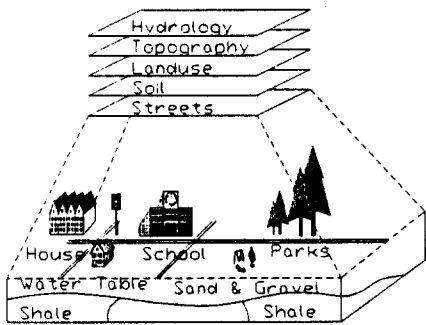


Fig. 2 The real world consist of many geographics which can be represented as a number of related data layer

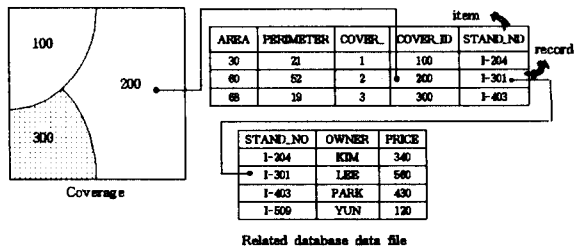


Fig. 3 Component of database

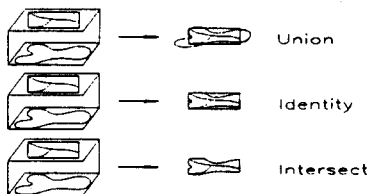


Fig. 4 Overlay analysis of layer

과 제한된 한 층의 경계안에서 합하는 identity, 두 층의 교차하는 부분만을 합하는 intersect가 있다.

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.

3. 진동 개요

지하철의 운행 또는 발파 등으로 인해 발생하는 진동은 지반을 통해 주위로 전달되어 인근의 구조물 또는 주민들에게 좋지 않은 영향을 미친다.

지하철진동의 경우, 운행시 발생하는 지반진동은 전동차 차륜과 레일과의 상호작용으로 발생한 진동이 구조물, 지반을 통하여 주위로 전달되며, 발파의 경우, 폭발시 발생하는 연속적인 가스압과 충격파로 인한 진동이 주위로 전파된다. 이러한 진동은 전파 경로인 지반의 진동전파 특성의 파악이 난이하고, 여러 학문분야가 종합적으로 관련되어 있다.

3.1 지하철 운행에 따른 진동

지하철 운행에 따른 진동은 크게 차량에 의한 것과 레일에 기인하는 두 가지 종류로 대별되며, 이중 레일에 기인하는 진동은 다시 레일의 휨에 의한 성분과 레일 및 차륜의 거칠기에 기인하는 두 가지 성분으로 나뉘어 질 수 있다. 이러한 다양한 원인에 의해 발생하는 진동은 터널이나 터널주위 지반의 재료적 또는 기하학적인 동적 특성에 의해 진동주파수의 성분이 변화되어 주위의 지표면 또는 건물 등의 수신점에 도달할 때는 발생한 진동과는 그 특성이 매우 다르다. 이와 같이 진동원을 캐도시스템을 포함하는 터널로 볼 때, 터널로부터 지반을 거쳐 주위의 수신점에 전달될 때까지의 진동전파 경로상에서 진동의 동적 특성을 변화시키는 많은 요인으로 인해 수신점에서의 진동의 크기를 예측하기란 매우 어렵다.

현재까지 발표된 여러 진동예측식들은 다양한 진동보정항목을 제시하였다. 본 논문에서 선진동으로 취급된 지하철 진동의 관리를 위해 사용된 예측식은 식 (1)로, 각 성분의 설명은 다음과 같다.

진동원에서의 기준진동인 L_{ov} 는 지반을 세가지로 구분하여 각각의 진동원을 제시하고, 진동의 평균레벨이 아닌 상한레벨을 예측하는 Wilson공식을 따랐고, 나머지 항목은 수식으로 이루어져 공식 적용이 편리한 뉴욕지하철모델을 따랐다.

$$L_V = L_{OV} + C_{RV} + S_{SV} + C_{FV} + C_{HV} + C_{MV} \quad (1)$$

L_V : 예측되는 수신점의 진동가속도레벨 (dB)

L_{OV} : 기준 진동 가속도레벨 (dB)

C_{RV} : 거리 감쇠에 의한 진동 보정치 (dB)

C_{SV} : 진동의 속도 보정치 (dB)

C_{FV} : 진동의 레일 체결 강성도 보정치 (dB)

C_{HV} : 터널의 벽두께에 따른 진동 보정치 (dB)

C_{MV} : 차량의 질량에 의한 진동 보정치 (dB)

거리감쇠치에 대한 보정식인 식 (2)는 지하철 진동을 실제파로 판단, 진동이 진동원으로 부터 거리에 따라 대수적으로 감소하는 현상을 나타냈으며, 감소계수 B 는 실제측정에 의한 자료에서 회귀분석을 통해 얻는다.

$$Y \text{ (dB)} = A - B \log(R) \quad (2)$$

Y : 주파수별 VAL (dB)

A : 기준 진동 가속도레벨 VAL (dB)

R : 진원으로 부터 예측지점까지 거리

뉴욕지하철의 진동에 대한 열차속도의 영향은 식 (3)으로 제시되었다.

$$C_{SV} = 16.6 \log\left(\frac{v}{56}\right) \quad (3)$$

v : 열차운행 속도 (km/h), (56은 기준속도)

레일의 체결강성도 보정을 위해서는 식 (4)를 사용한다,

$$C_{FV} = 5 \log\left(\frac{K}{3 \times 10^7}\right) \quad (4)$$

$$K = \frac{\text{fastner 강성 (N/m)}}{\text{fastner 간격 (m)}}$$

터널의 벽두께의 변화에 따른 진동감쇠는 식 (5)를 사용한다.

$$C_{HV} = 40 \log\left(\frac{0.6}{t}\right) \quad (5)$$

t : 터널의 벽 두께

차량의 질량에 의한 보정은 식 (6)을 사용한다.

$$C_{MV} = 20 \log\left(\frac{m_2}{m_1}\right) \quad (6)$$

m_1 : 빈차의 질량

m_2 : 만차의 질량

교통진동의 법적규제치는 Table 1과 같으며, 이를 지하철 운행에 따른 진동의 크기를 예측식을 사용하여 추정하고, 비교함으로써, 사전에 진동 저감대책을 수립하여 시공에 반영할 수 있는 시간적 여유를 갖을 수 있다.

3.2 발파 진동

발파진동의 크기는 진동입자 변위, 진동속도, 진동가속도로 표시하고, 발파진동의 측정은 그 방향에 따라 수직성분, 진행성분, 두 파의 방향과 직각을 이루는 접선성분의 세 성분에 대해 실시한다. 발파진동은 지진진동에 비해 지속시간이 짧고, 주파수 범위도 수십에서 수백 Hz의 고주파이어서 감쇠가 쉽게 일어나며, 파형도 비교적 단순하다.

발파진동식에 대한 예측식은 식 (7)과 같이 표현하며, 측정된 자료들의 회귀분석을 통해 m 을 선택하고, 환산거리 (R/W^m)와 진동속도 V 의 관계를 통해 n 을 구한다.

$$V = K \left(\frac{R}{W^m} \right)^n \quad (7)$$

V : 발파진동속도 (cm/sec)

n : 감쇠지수

m : Scaling 상수

K : 발파진동 상수(자유면 상태, 화약의 성질, 압질 등에 따르는 상수)

R : 폭원으로 부터의 거리(m)

W : 지발당 최대장약량(kg)

또한 지진에 의한 진동피해는 그 정도를 보통 가속도로 표시하고 있으나, 발파진동에 의한 구조물에 의한 구조물의 피해정도는 진동속도에 비례하기 때문에, 세계 각국에서는 대부분 발파진동의 규제기준을 진동속도의 최대치로 정하고 있으나, 현행 우리

Table 1 Limits of traffic vibration (railway)

대상 지역	한 도	
	2000년 1월 1일부터	
	주 간 06 : 00- 22 : 00	야 간 22 : 00- 06 : 00
주거지역, 녹지지역, 준도시 지역중 취락지구 및 운동·휴양지구, 자연환경보전지역, 학교, 병원, 공공도서관의 부지경계선으로부터 50m 이내 지역	65 dB(V)	60 dB(V)
상업지역, 공업지역, 농림지역, 준농림지역 및 준 도시지역중 취락지구 및 운동휴양지구외의 지역, 미도시지역	70 dB(V)	65 dB(V)

(소음진동규제법 시행규칙 제37조 관련 1994. 11. 21 개정)

나라에서는 발파진동에 대한 구체적인 규제조항은 없는 상태이며, Table 2는 외국자료를 참고로 하여 서울시 지하철 건설시 적용된 기준치이다.

4. GIS의 구축

본 연구에서 사용한 GIS용 소프트웨어는 미국 ESRI사의 PC ARC/INFO V3.4.2로 시스템의 구축 과정을 단계별로 설명하면, 작업대상을 결정한 후, 자료설계, 공간정보입력, 속성자료에 대한 추출 및 입력, 공간정보와 속성자료의 연계, coverage data 생성, 자료관리, 자료를 분석하고, 이에 따른 분석 결과물을 작성한다.

4.1 대상 설정

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

4.2 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.

4.3 자료의 수집 및 세부설계

본 연구에서는 지도 자료층을 크게 7개의 자료층으로 구분하였으며, 이는 지하철, 궤도 및 구조물, 인접건물, 주변지역, 발파지점, 측정지점, 예측식으로 나온 진동의 전파형상별(점진동, 선진동) 등이다.

Table 2 Vibration limits for the construction of Seoul subway

Type of a building	Permitted vibration (cm/sec)
Cultural assets of relics or historic remains	0.2
Building with defects or mansion with cracks	0.5
Building without carack, defect	1.0
Industrial concretete structure	1.0~4.0

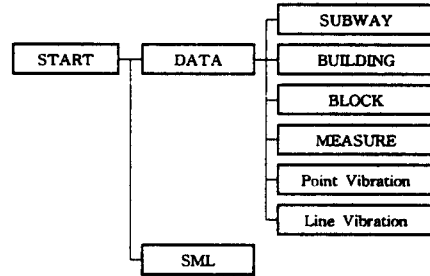


Fig. 5 Class of the database

4.4 자료의 연계

지도에서 각 주제별 위치정보와 속성정보에 관한 자료들을 연계하여 하나의 coverage data로 만든다.

4.5 유용한 자료 생성

자료의 연계로 생성된 coverage data를 갖고서 Fig. 5의 자료기반의 계층구성의 형태로 database를 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.

5. 진동 관리 시스템(VMS)

진동 관리 시스템의 구성은 Input Module과 Output Module 그리고, Input Data를 만들기 위한 Utility Module로 구성된다.

진동관리시스템을 개발하는데는 PC ARC/INFO의 SML(Simple Macro Language)을 이용하여 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, 주변지역과 인접 건물에 대한 상관관계를 파악할 수 있게 함으로써, 사용자가 분석시스템을 쉽게 운용 할 수 있게 하였다.

5.1 Input Module

Fig. 6의 Input Module은 지하철, 궤도 및 구조물, 인접건물, 주변지역, 측정지점, 발파에 관한 자료를 입력한다. Subway항목은 지하철 운영에 따른 진동크기를 예측하는 예측식의 자료가 되는 지하철, 궤도 및 구조물에 관련된 자료들을 메뉴에서 입력한

다. Building항목은 관한 건물의 고유진동수, 진동 속도규제치 등의 비교 자료를 건물을 선택하여 입력한다. Block항목은 주변지역의 주, 야간 진동규제치 등의 비교자료를 지역을 선택하여 입력한다. Measure항목에 관한 지하철 운행에 따른 진동측정 결과인 1/1 Octave Band와 O. A값을 관리하기 위한 지점을 선택, 입력한다.

Fig. 7은 Blasting항목에 관한 발파지점을 화면의 지역에서 선택하여 발파진동상수, 암석의 일축압축강도, 암반의 종류, 발파의 종류, 화약의 종류 등의 발파에 관한 데이터를 입력한다.

5.2 Output Module

Fig. 8의 Output Module은 대상지역의 지하철, 케도 및 구조물, 인접건물, 주변지역, 측정지점, 발파에 관한 자료의 검색 및 목록확인이 가능하며, 선진 동전파와 점진동전파에 관련된 사항이 출력 가능하

게 하였다. Draw 기능은 적용 대상지역 안에 존재 하는 지역, 건물, 측정위치, 지하철 등의 위치와 종류를 확인할 수 있는 기능으로, 검색 할 대상인 주변지역, 인접건물, 지하철, 측정지점 등의 자료를 각각의 층별로 구분 지어 나타내 볼 수 있으며, 종류에 대한 구분은 색으로 구분지어 화면 아래에 범례로 그 설명을 달아 놓았다.

Fig. 9의 Query기능은 적용대상지역 안에 존재하는 지역, 건물, 측정위치, 지하철 등의 자료를 Draw기능을 통해 나타낸 후, 이에 대한 하나 하나의 자료를 확인, 검색 할 수 있는 기능으로 검색하고자 하는 자료를 선택하면 그에 대한 입력자료를 확인 할 수 있다.

List기능은 적용대상지역 안에 존재하는 주변 지역, 인접건물, 측정지점, 지하철 등의 자료를 Draw기능을 통해 나타낸 후 하나의 주제층에 대한 전체 자료를 자료를 확인, 검색 할 수 있는 기능으로 검

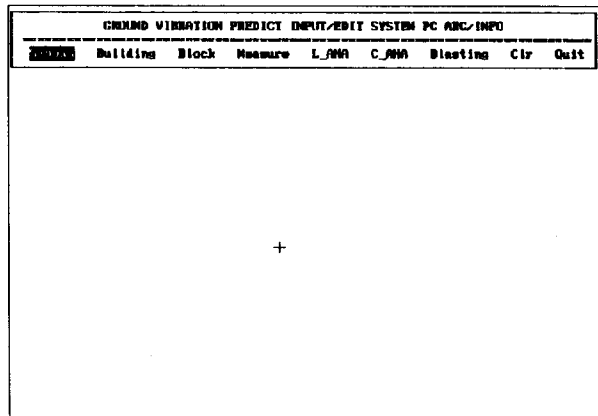


Fig. 6 Screen display of the GVPE(Input Module)

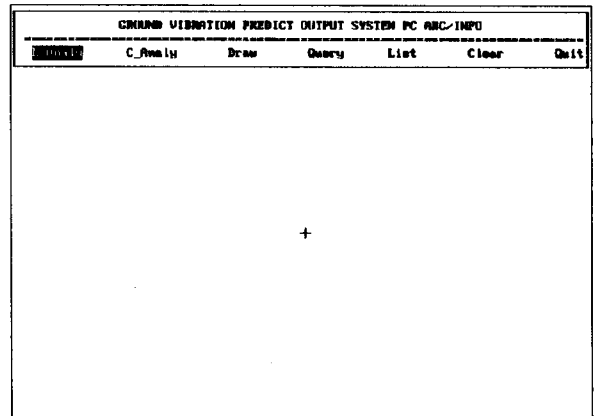


Fig. 8 Screen display of GVPO(Output Module)

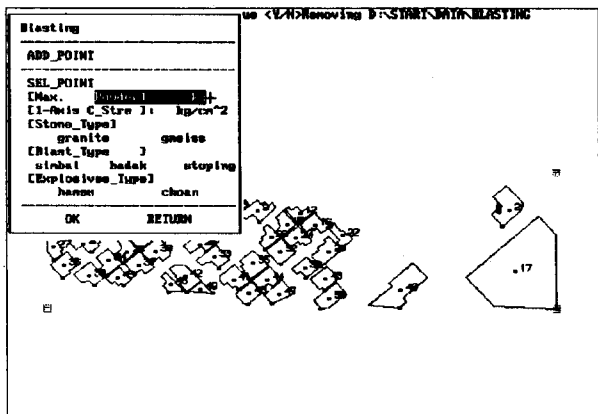


Fig. 7 Data input for blasting

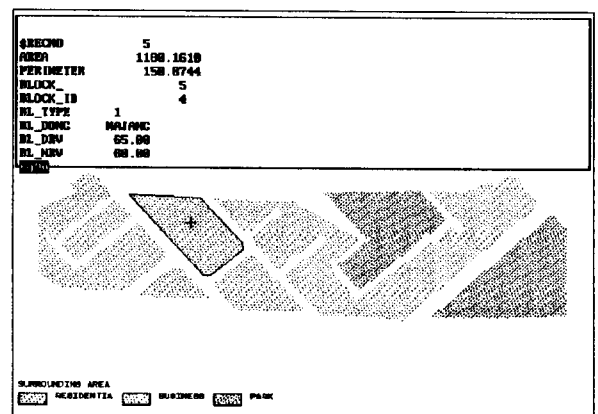


Fig. 9 Query for surrounding area

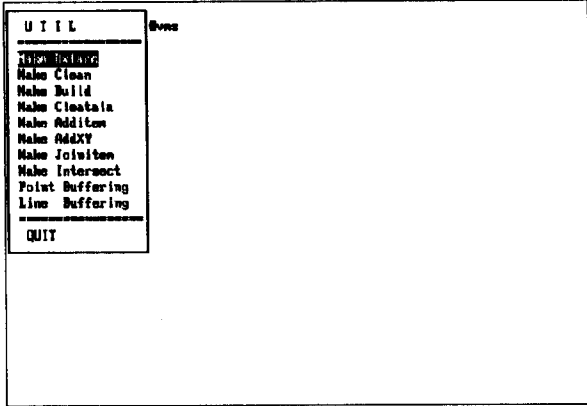


Fig. 10 Screen display of Util Module

색하려는 주제층을 선택하면, 그에 대한 전체자료를 확인할 수 있다.

5.3 Util Module

Fig. 10의 Util Module은 CAD에서 작성된 dxfile을 PC ARC/INFO에서 사용하는 coverage data의 형식으로 변환시키는 작업과 공간자료의 database file을 만들어 주고, 주제별 각 개체를 선택하기 위한 label을 붙이고, 속성 database file에서 작업하기 위한 item을 덧붙이고, 두 개 이상의 coverage data의 속성테이블에서 관계하는 item을 기준으로 item을 연결하여 주고, 두 개 이상의 coverage data를 중첩하여 주고, 선진동과 점진동에 대한 진동전파 형상을 거리별로 나타내는 작업을 수행한다.

6. 적용 사례

본 연구의 적용지역은 지하철 5호선이 통과하는 지역중 민원이 제기된 곳으로 특정 주파수 영역의

Table 3 Present situation of area

Curved radius	Train design velocity (km/h)	Structure type	Structure mass (ton/m)	distan- -ce (m)	Soil type
∞	80	Double track tunnel	31.05	17.36	Reclamation Alluvium Weathering Soft rock Hard rock

진동값에 대한 예측을 필요로 하며, 또한 지하철 터널공사로 인해 야기되는 발파진동이 인근건물에 근 건물에 미치는 영향을 예측 및 평가하기 위해서도 적합한 주위환경을 가지고 있다고 판단되어 적용지역으로 선택하였으며, 제원은 Table 3과 같다.

6.1 지하철운행에 따른 진동

적용지역의 지하철운행에 따른 진동의 전파는 선진동원에 의한 전파로 볼 수 있으며, 이를 식 (1)의 지하철운행에 따른 진동예측식에 의한 진동속도와 주변지역의 진동속도 규제치와의 비교를 진동 관리 시스템(VMS)을 이용하여 분석하였다.

Fig. 11는 주변지역의 법정진동규제치와 지하철운행에 따른 진동의 예측치의 값을 비교하여 이상이 있는 지역을 나타내었다.

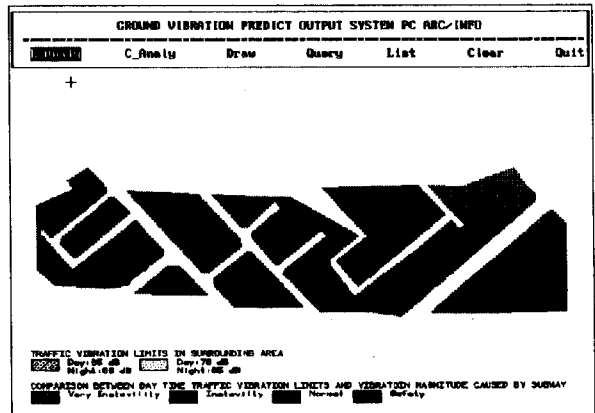


Fig. 11 Comparison between day time traffic vibration limits and vibration magnitude caused by sub-way

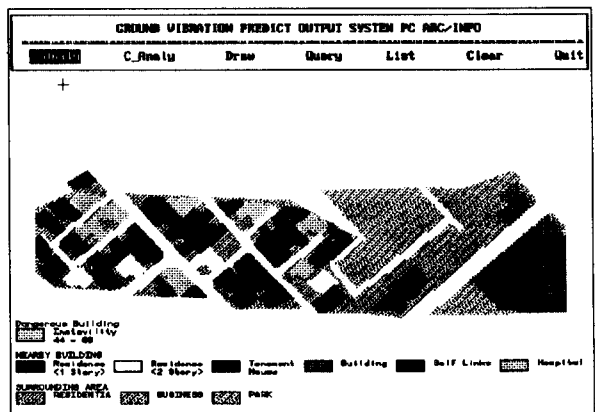


Fig. 12 Comparison between natural frequency of building and traffic vibration Octave Band

Fig. 12은 식 (1)의 진동예측식을 사용하여 구한 거리감쇠별 1/1 Octave Band의 peak치 대역안에 인접건물의 고유진동수가 있는 경우, 공진현상(resonance)을 일으킬 우려가 있으므로, 이를 위험하다고 판단하여, 이를 적색으로 표시하였다.

6.2 발파 진동

적용지역의 지하철단면은 터널구조로 발파에 의해 단면을 굴착하였다. 이러한 발파진동은 점진동원에 의한 전파로 볼 수 있으며, 발파진동 예측식에 의한 진동속도와 인접건물에 대한 진동속도 규제치와의 비교를 진동관리시스템(VMS)을 이용하여 분석하였다. 이 지역에 대한 시험발파자료가 없으므로 기존 예측식에 제시된 값을 사용하였다. 함수폭약 1kg, 암석의 일축압축강도 840 kg, 지질은 서울화강암을 사용하였다. 이에 대한 발파의 종류는 심발발파, 폭약의 종류는 함수폭약의 사용으로 가정하였다.

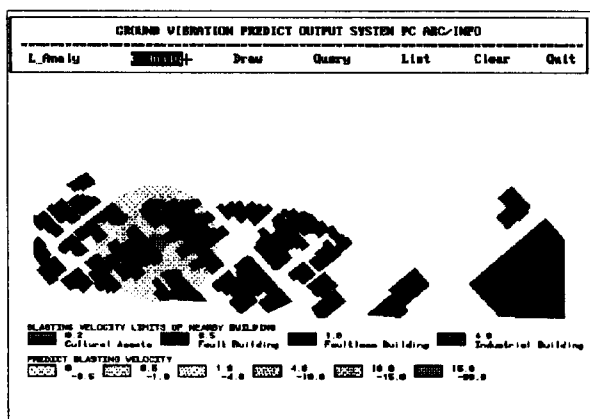


Fig. 13 Predicted vibration velocity by blasting

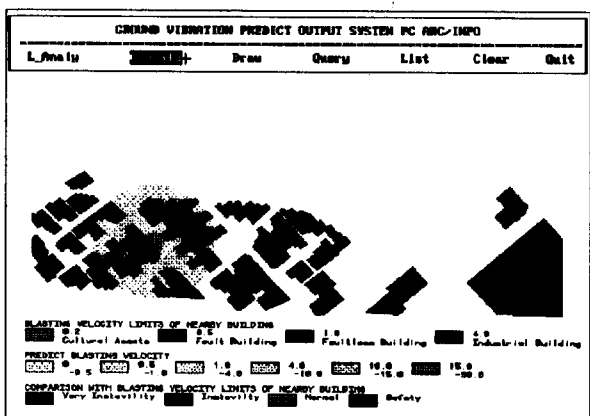


Fig. 14 Comparing the predicted vibration velocity with the limits authorized by blasting

Fig. 13은 발파진동에 의한 진동속도 예측치를 화면에 도시한 것으로 건물별 진동속도규제치는 색으로 표시하였으며 범례는 아래에 나타내었고, 원형으로 전파되는 형상은 발파진동에 의한 진동속도의 크기를 색으로 나타내었으며 진동의 크기에 대한 범례는 아래에 나타내었다.

Fig. 14는 건물특성에 따른 고유의 진동속도규제치와 발파진동에 의한 진동속도의 예측크기를 비교한 것으로 예측치가 규제치를 초과하는 지역은 적색으로 표시하게끔 하였다. Fig. 14의 결과는 앞서 제시한 적은 장약량에도 큰 진동속도치가 나와 대부분의 인접구조물에서 규제치보다 큰 진동이 발생됨을 알 수 있다.

7. 결 론

본 논문에서는 GIS를 진동환경관리에 적용하여 진동관리시스템을 개발하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 본 시스템은 각 진동환경의 주제별 층의 공간 검색 및 목록확인이 가능하다.

(2) 발파공사 전 또는 지하철 설계시 발생하는 예상진동의 공간적 분포 및 크기의 예측이 가능하며, 예상 진동치와 주변지역 또는 인접건물의 법정규제치와 비교, 건물의 고유진동수와 지하철운행에 따른 진동의 1/1 Octave Band의 비교로 쾌적한 진동환경의 확보가 가능하다

(3) 본 연구는 진동정보를 통합하여 진동환경관리 체계를 구축하기 위한 연구로써, 향후 고속전철, 도로 등의 교통진동과 여러종류의 발파진동 및 공사현장에서의 파일항타에 의한 진동 등의 database를 구축함으로써, 인근 구조물에서의 동적특성을 종합적으로 구현하고, 개선된 GIS의 환경변경을 통하여 종합적인 진동관리시스템으로의 확대가 가능하다.

참 고 문 헌

- (1) 유복모, 1994, 지형공간정보론, 동명사
- (2) ESRI, 1990, PC ARC/INFO USER'S GUIDE
- (3) ESRI, 1990, SML USER'S GUIDE
- (4) ESRI, 1990, Understanding GIS
- (5) 양형식, 1992, '발파진동학', 歐美書館
- (6) 강대우, 심동수, 1995, '응용발파기술', 歐美書館
- (7) 윤지선, 1993, '최신 발파기술', 歐美書館