

## 골재자원의 관리 및 수송경로 분석을 위한 GIS 활용 연구 Aggregate Resources Management and Transport Route Analysis Using GIS

김 윤 종(Kim, Youn Jong)

한국자원연구소

이 동 영(Lee, Dong Yong)

한국자원연구소

신 은 선(Shin, Eun Sun)

충남대학교

### 요약/Abstract

골재자원의 관리와 자원 이동분석을 위한 골재자원 정보시스템이 GIS를 이용하여 개발되었다. 골재자원의 관리는 크게 두가지로 구분되는데 그것은 자원의 부존량 관리와 수급 관리이며, 금번에 개발된 골재자원 정보시스템(ARIS: Aggregate Resources Information System)은 이러한 분석들을 아주 효과적으로 수행할 수 있다. 시스템 설계와 개발을 위한 기초 GIS 시스템은 ARC/INFO가 채택 되었으며, 그것은 금번 연구의 아주 중요한 데이터베이스 설계부분에서 관계형 모델을 채택하고 있기 때문이다. 앞으로는 객체 지향적 모델들이 채택되겠지만, 현재 한국의 실정으로는 비용과 기술면에서 아직은 불가능하다. 본 시스템의 활용성을 증명하기 위하여 시범지역(충청남북도)을 대상으로 산림골재자원 데이터베이스가 구축되어 분석이 이루어졌으며, 특히 선택된 주요 수급지별(3곳) 골재자원 관리 분석은 아주 효과적이었다. 이러한 시스템은 앞으로 골재 자원 관리를 위한 주요 정책 결정 뿐만아니라 기초 부존량 조사자에게도 활용성이 기대되며, 특히 여러 국가 행정기관에서의 이용이 확대될 전망이다.

A GIS technique was developed for aggregate resources management and transport route analysis. In the study, the management of aggregate resources deals with resources evaluation and control of aggregate supply. The computer system was specially designed for this analysis on the basis of relational database model, and it was named ARIS(Aggregate Resources Information System). A Vector database for this

study area of Chungcheong-Do was established for analysis of ARIS. In network analysis, there are many essential elements such as road name, speed limit and width, turns and stops etc. Impedance was also measured for the resistance against transportation of aggregate resources. Actually, the impedances are attributes of arcs, turns and stops. Finally, the feasibility of ARIS was tested to use as a decision making tool of aggregate resources management.

## 서 론

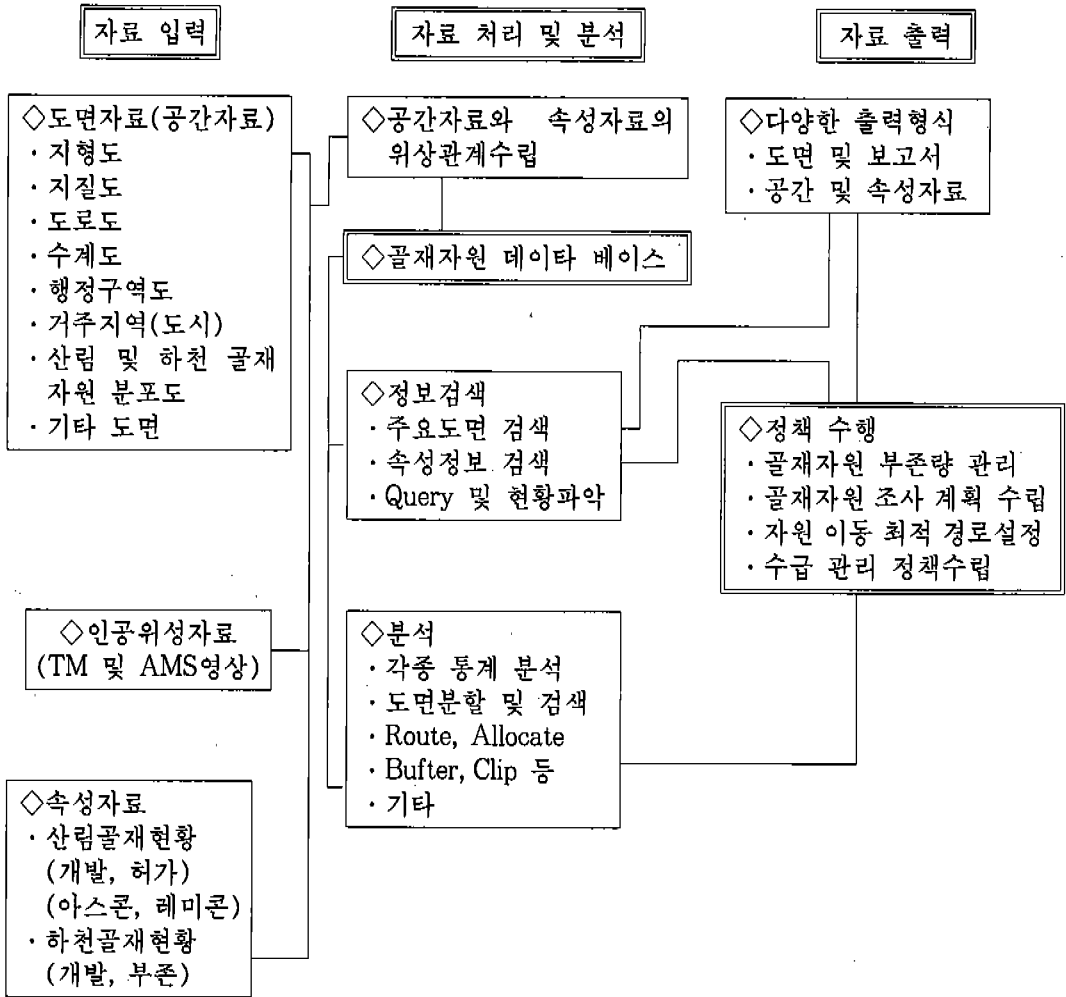
골재자원의 효과적인 관리를 위해서는 우선 현장 조사에 의한 부존량 자료와 수집된 다량의 정보들이 체계적인 수치 정보시스템 내에서 조직적으로 분류, 정리가 된 후, 자원 종류별 부존량 관리, 수급 관리, 자원의 수송 경로 분석 등이 하나의 통일된 시스템하에서 처리되어 정책 결정자가 실제로 그 정보들을 적극적으로 활용할 수 있어야만 된다. 이러한 목적을 위하여 금번 연구에서는 먼저 GIS를 이용한 골재자원 정보시스템(ARIS:Aggregate Resources Information System)의 설계와 개발이 이루어졌다. 본 시스템 설계를 위하여 실제로 활용된 기본 GIS 시스템은 ARC/INFO이며, AML(Arc Macro Language)를 이용하여 분석 기능의 보완과 자료사전 등이 설계, 완성되었다. 또한 시범지역(충청남북도)을 대상으로 본 시스템을 이용한 골재자원 데이터베이스가 구축된 후, 산림 골재자원의 부존량 관리와 자원 수송 경로 분석을 실시하여 시스템의 효과적인 실용성을 증명하였다. 금번 연구를 통하여 개발된 골재자원 정보시스템이 다른 지역들의 골재자원 관리를 위하여 여러 국가 행정부서에서 적극 이용되기를 바라며, 정

책 결정자에게는 용도별 부존량 관리 및 기본 수급관리 자료들을, 부존량 조사자들에게는 효과적인 자원 조사에 대한 절대적인 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 골재자원 정보시스템의 가장 중요한 점은 골재자원의 전반적인 정책 결정과 수행을 위한 필수정보 산출 및 제공 역할이며, 주목적과 기능은 다음의 몇가지로 요약될 수 있다. 첫번째로 골재자원 종류별 부존량 관리(생산, 허가 및 조사), 두번째 생산지와 수급지간 자원 최적 수송 경로 탐색(Route), 세번째 생산지와 수급지간의 효과적 자원 분배 및 집적(Allocate), 네번째 생산지의 자동 위치 탐색(Geocoding) 등이다. 시범지역에 대한 설계 적용은 위의 첫째, 둘째 기능들에 대하여만 집중 분석되었으며, 최적 경로 탐색 분석을 위한 도로상황(포장, 차선, 교차로 등) 자료는 현장 실측 정보의 부족함에도 불구하고 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다.

## 골재자원 정보시스템과 데이터베이스

본 연구를 위하여 설계된 골재자원 정보시스템(ARIS)의 요약을 Table 1에 표시하였다.

Tabal 1. Aggregate Resources Information System(ARIS)



자료 입력, 처리 및 분석, 출력 등 GIS 중요부분을 중심으로 구현시켰으며, 수시로 사용자가 원할때 자료의 수정, 갱신이 용이하여 새로운 골재자원 조사 계획수립 및 부존량 관리가 가능하다. 본 시스템내에서 가장 중요한 부분은 골재자원 데이터베이스 설계 및 구축이며, 데이터베이스는 전산화된 기록 보존 시스템으로 여러 화일내에 수록되어 있는 자료들로써 구성

된다. 본 시스템 구현을 위하여는 GIS에서 중요한 관계적 데이터베이스 구조(Fig. 1)가 채택된 ARC/INFO 시스템이 활용되었다. 전체적인 시스템 구성을 위하여 기존의 데이터베이스의 활용은 현재 한국의 데이터베이스 기술 수준상 불가피한 일이나, 때로는 아주 경제적인 수도 있다. 아래는 본시스템 관계형 데이터베이스의 개략 설명이다. 즉 자료들은 튜플(Tuple)이라는

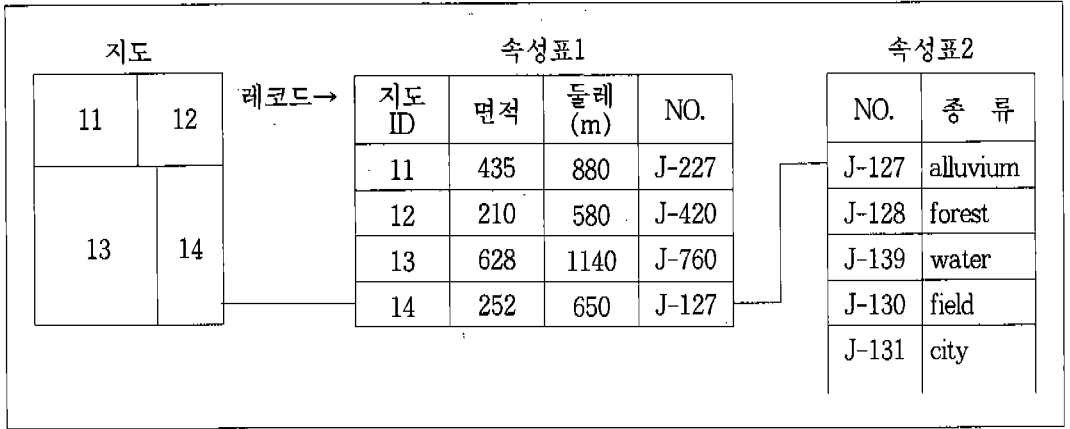


Fig.1 A relational database structure

간단한 레코드에 저장되는 자료구조를 가지고 있다(Fig.1, Burrough,1985; 유근배, 1990). 튜플에는 속성값이 순서대로 정리되어 있고 이 값들은 릴레이션(Relation)이라는 2차원 테이블에 수록되어 있으며, 일반적으로 각 릴레이션은 분리된 화일들이다. 여기서 릴레이션은 레코드 사이의 연계가 아니고 하나의 테이블을 가리킨다. 네트워크 모델의 포인트 구조와 위계적 구조의 키(Key)와 같은 것이 여기서는 판별 코드(Identification code)의 형태로 대치되며, 판별 코드는 각 화일에서 레코드를 판별하는 독특한 키로 사용된다. 이러한 관계적 구조는 유연성이 크며, 부울 논리나 수학적 연산을 이용하면 거의 모든 요구를 만족시킬수 있다는 큰 장점을 가지고 있고, 또한 골재자원에 대한 서로 다른 정보(지역별,종류별,용도별 등)들을 검색, 결합하고 비교할 수도 있으며 자료의 가감도 아주 용이하다. 그러나 검색되는 데이터베이스의 범위가 크기때문에 컴

퓨터의 처리속도가 빠르더라도 때때로 많은 시간이 소요된다. 이러한 데이터베이스 구조들은 실제로 데이터베이스 설계시에 결정되며, 특히 사용 소프트웨어에 좌우되는 문제점이 있으나, 그 설계는 시스템의 운용 방향 및 목적 등을 결정하는 아주 중요한 절차이다. 본 골재자원 정보시스템의 운용을 위한 이러한 데이터베이스 설계는 개념적, 물리적 설계(김윤중외,1993)를 거쳐 실제로 본 시스템의 운용에까지 연결되어졌으며, 경제성과 효율성이 고려된 중요한 사항이었다. Fig.2은 본 시스템의 하드웨어 구성 요약표이다.

### 기본 자료 구조 및 주요 기능요약

GIS를 이용하여 설계된 본 시스템에서 처리되는 자료들은 일반적으로 어떤 사상의 위치를 나타내는 공간 자료와 그 사상의 특성을 표현하는 속성 자료로 구성된다. 이러한 자료들은 여러 방법으로 수집

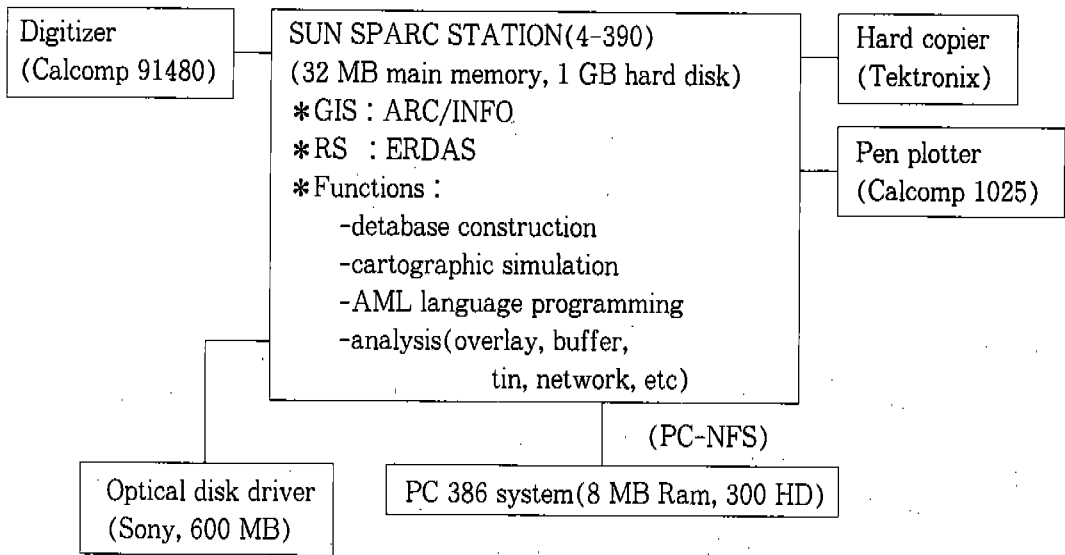


Fig. 2 Hardware configuration of ARIS(Aggregate Resources Information System)

되어질 수 있으나, 시스템내의 데이터베이스에서 일정한 배열의 자료 구조를 갖는 것이 아주 중요하며, 이러한 배열은 자료 처리 방법들을 좌우한다. 본 연구에서 사용된 자료 형태는 벡터로써, 기본적으로 점, 선, 면의 3가지 형태로 표현된다. 수집된 자료들은 초기 입력 작업시 점, 선 혹은 다각형의 형태로 변환한 후, 그들 각각에 필요한 속성 자료가 정하여졌으며, 본 연구에서는 특히 자료들간의 공간분석이 뛰어난 위상적 자료구조(Aronoff, 1989)가 선택되었다. 금번 연구에서 활용된 ARC/INFO는 자료들의 위상관계가 아주 잘 처리되고 있으며, 공간자료들의 도형 처리 부분(ARC)과 속성 자료 처리 부분(INFO)으로 나뉘어져 서로 유기적인 관계를 가지면서 지형 요소들의 위상관계를 형성시킨다. Table 2는 실제로 설계된

일부 자료들의 내부 구조를 표시한 것인데, 특히 점형태의 자료들은 골재 생산지의 위치가 포함되며, 동시에 허가 면적과 수량 등이 등록되었다. 이렇게 설계된 자료구조들에 의하여 시범지역을 대상으로 구축된 데이터베이스내의 기본 자료층들을 Table 3에 표시하였다.

충청남북도의 전체적인 현황 파악을 위하여 지형도는 1/250,000이 사용되었으며, 지질도는 1/50,000, 최적 수송 경로 분석을 위한 도로자료는 1/100,000 도로 교통망도를 이용하여 도로 종류, 차선, 포장상태 등이 데이터베이스에 입력되었다.

또한 산림골재 현황에 대한 현장조사 및 수집자료(Table 5)들이 위의 자료구조에 맞추어 점형태의 자료로서 데이터베이스를 구축 시켰다.

Table 2. Layout of data file structure

(1) 지형도(선 자료)

PROJECT: 골재		DATA: GRAPHIC		TABLE_ID: CONTOUR		TABLE_NAME: AAT	
DB: ARIS			REC.LENGTH:		TABULAR DB:		
LEVEL	ITEM NAME		TYPE	WIDTH	NO.DECIMAL	비 고	
KEY 1	H	고도값	B	3			
DATA 2	FNODE	from node	B	11			
3	TNODE	to node	B	11			
4	RPOLY	right poly	B	11			
5	LPOLY	left poly	B	11			
6	LENGTH	길이	B	13			
7	COVER #	INTERNAL NUMBER	B	11			
8	COVER-ID	USER_ID	B	11			

(2) 지질도(다각형 자료)

PROJECT: 골재		DATA: GRAPHIC		TABLE_ID: GEOLOGY		TABLE_NAME: PAT	
DB: ARIS			REC.LENGTH:		TABULAR DB:		
LEVEL	ITEM NAME		TYPE	WIDTH	NO.DECIMAL	비 고	
KEY 1	COVER #	INTERNAL NUMBER	B	11			
DATA 2	AREA	면적	B	13	6		
3	PERIMETER	둘레길이	B	11	6		
4	CPVER-ID	USER ID	B	11			
5	GEO	암석구분	B	2			

(3) 골재 자원 위치도(점 자료)

PROJECT: 골재		DATA: GRAPHIC		TABLE_ID: AGGREG		TABLE_NAME: PAT	
DB: ARIS			REC.LENGTH:		TABULAR DB:		
LEVEL	ITEM NAME		TYPE	WIDTH	NO.DECIMAL	비 고	
KEY 1	NO	위치번호				산림, 하천	
DATA 2	AREA	면적	B	13	6		
3	PERIMETER	둘레길이	B	11	6		
4	COVER-ID	USER ID	B	11			
5	COVER #	INTERNAL NUMBER	B	11			
6	AR	허가면적	F	8	2	산림, 하천	
7	VOL	허가수량	F	8	2		

Table 3. Data layers for ARIS

NO	자 료 층	비 고
1	지형(1/250,000)	AAT
2	수계	AAT
3	호수	PAT
4	도로(1/100,000)	AAT
5	지질	PAT
6	행정구역	PAT
7	도시(거주지)	PAT
8	산림골재 현황도(개발, 개발가능)	PAT

- AAT : Arc Attribute Table
- PAT : Polygon(Point) Attribute Table

본 정보시스템 기능은 일반적으로 자료 처리, 자료 분석, 정보 사용, 그리고 정보 관리 등 4개의 중요한 기능이 있다. 자료 처리 시스템(Table 1)은 자료의 획득, 입력, 저장 및 갱신 등의 기능을 수행한다. 특히 자료 분석 시스템은 사용자의 목적(Query)에 따라 정보를 검색하고 통계적 분석을 하며 그 정보들을 출력하는 부분이다. 분석 결과는 지도, 혹은 컴퓨터 화면으로 표현 할 수 있으며 다른 수치 형태의 자료로 가공도 할 수 있다. 정보 사용 및 관리 시스템은 일반 사용자들의 문제점을 분석 방법이나 자료 구조 측면에서 해결하여줄 수 있다. 위에서 실제로 사용자들에게 가장 중요한 부분은 자료 분석 부분이며, 이러한 분석 기능중 공간연산기능(Spatial operation)과 자료 연결기능(Data linkage)이 아주 중요하고, 다음절에 시범지역을 대상으로 실제로 분석된 내용이 기술되었다(영향권 및 최적 경로 분

석). Table 4은 본 골재자원 정보시스템 분석 기능중 중요한 부분에 대한 요약이다.

Table 4. Basic functions of ARIS

(A) Spatial manipulation
◇Vector/Raster conversion
◇Transformation
◇Coordination
◇Proximal or neighborhood analysis
(B) Spatial analysis
◇Polygon overlay
◇Polygon dissolve
◇Point in polygon
◇Buffering and coridoring
(C) Digital terrain analysis
◇Contouring
◇Slope/aspect
◇Watershed analysis
◇Volume calculation
◇Cross Section
◇3-D viewing
(D) Network analysis
◇Optimal path selection(Route)
◇Flow simulation(Allocate)
◇Time/distance districting(district)

### GIS를 이용한 골재자원의 관리

GIS를 이용한 골재자원 관리는 본 정보시스템의 데이터베이스에 입력된 자원 부존량이 1차적으로 행정 구역별(생산과 수급관리), 지질 분포별(암종), 지형 경사별(채굴량, 경사, 운반조건 등), 주요 수급지별 등으로 구분되어 적절한 시기와 장소에 따라서 골재의 원활한 수급에 대처하는 것 등을 의미한다. 시범연구를 위하여

구축된 데이터베이스는 일단 산림골재로 한정키로하였다. 왜냐하면 현장 조사에 의한 위치별, 용도별 골재 부존량조사는 많은 인원과 시간이 필요하기 때문에 금번('93-'94)의 시범연구를 위해서는 일단 산림골재만 대상으로 하였으며, 다른 종류의 골재자원(하천 및 바다골재) 자료들이 수집되면 본 데이터베이스내에 그 내용들이 추가될 예정이다. 또한 금번 연구에서 원격탐사 기법 활용은 부존량 조사의 초기 단계에 넓은 지역에서의 1차 조사 위치 선정 등에 많은 도움이 되었으나, 실제 부존량의 산출에는 별 도움이 되지 못하였으므로 본 분야에 대한 언급은 생략키로 하였다. Table 5는 당연구소의 골재사업단(골재자원부존조사, 1993)이 조사한 1993년도 기준 충청남북도의 일부 군,시별 산림골재 총괄표이다. 본 내용은 당연구소 연구원들이 약 3개월에 걸쳐서 각 시,군 등의 행정부서 협조를 받아서 작성된 것이다. 기개발 지역은 현재 골재 채취가 가행중인 지역들이며, 개발가능 지역은 군,시에서 이미 허가된 지역(가행)과 당연구소에서 부존량조사가 실시된 일부 지역들이 포함된 것이다. 각표에서 "0" 표시된 부분은 부존량에 대한 자료 수집에 어려움이 있었거나 현재 조사중인 지역들로서, 추후 이들에 대한 자료의 보충은 많은 부존량(기개발 및 개발가능)의 증가를 가져올 수 있다. 골재자원 정보시스템을 이용하여 이 현황표가 Table 2의 자료구조를 가지면서 데이터베이스내에 이미 구축된 지형도 위에 그들의 위치에 따라 정확하게 투영된 후, 또 하나의 자료층을

(Table 3의 8번째 자료층) 구성시켰다. 이 자료층과 데이터베이스에 기 구축된 자료(Table 3)들과의 GIS 중첩기법(Overlay) 활용은 다음과 같은 골재자원 관리의 자동화를 가능하게 하였다.

- ◆ 행정 구역별 부존량의 관리(Table 5): 시,군별 생산과 수급관리.
- ◆ 지질 분포별 골재자원 관리(Fig.3, Table 6): 암종별 골재 생산관리.
- ◆ 지형 경사별 골재자원 관리(Fig.4, Table 7): 채취 및 운반조건 관리.
- ◆ 주요 수급지별 골재자원 관리(Fig.5, Table 8,9): 공급지 선정과 공급량 조절.

특히 주요 수급지별 골재자원 관리는 수급지들을 위한 주요 공급지들의 자동 위치 탐색과 공급 가능량 산출(Table 8, 9)은 물론, 다음절에서 설명될 공급지와 수급지간의 자원 운반 최적 경로 분석(Table 11; RT1-RT11)까지가 동시에 시행되었다(Fig.5). 주요 수급지는 대전 둔산 신도시, 군장 국가공단지역, 청주 첨단산업기지(오창면)의 3곳이 시범적으로 선정되었으며, GIS의 영향권 분석(Buffering)에 의하여 주요 수급지별로 공급지 탐색이 이루어졌다. 분석 범위는 공사 지역을 중심으로 반경 20km 이내로 한정하였다. 물론 이러한 범위는 재조절되어질 수 있으며, 본연구에서는 연구 대상지역에서 차량의 경제적 운반거리와 도로사정(Table 10)이 고려되어 선정되었다. 결국 위와같은 GIS의 골재자원 정보시스템 활용은 골재자원 관리의 자동화뿐만아니라, 각 시,군별로 주요 건설공사에 따른 골재



Table 5. Crushed aggregate resources sites on administrative districts(1993)

행정구역 (adm)	개 소			수 량(m <sup>3</sup> )			면적(m <sup>2</sup> )	비 고
	기개발	개발가능	계	기개발	개발가능	계		
제천군(1)	8	0	8	13,600	0	13,600	20,479	수량과 면적은 허가수치임 (1993년 기준)
중원군(3)	20	1	21	3,126,558	0	3,126,558	330,322	
제천시(4)	0	0	0	0	0	0	0	
단양군(5)	2	0	2	21,962	0	21,962	11,535	
음성군(6)	4	0	4	0	0	0	0	
당진군(7)	2	6	8	958,665	0	958,665	52,532	
충주시(8)	0	0	0	0	0	0	0	
서산군(9)	7	3	10	2,004,757	0	2,004,757	195,254	
진천군(10)	2	0	2	1,424,767	0	1,424,767	81,285	
태안군(11)	0	2	2	0	203,708	203,708	31,641	
천안군(12)	3	8	11	943,308	0	943,308	58,536	
괴산군(13)	8	3	11	1,347,347	161,800	1,509,147	150,441	
아산군(14)	9	1	10	552,311	0	552,311	146,855	
천안시(15)	0	0	0	0	0	0	0	
서산시(16)	0	1	1	0	0	0	0	
예산군(17)	1	2	3	0	0	0	0	
온양시(18)	0	0	0	0	0	0	0	
청원군(19)	15	0	15	5,624,080	0	5,624,080	334,866	
연기군(20)	0	0	0	0	0	0	0	
청주시(21)	0	0	0	0	0	0	0	
공주군(22)	9	21	30	2,818,697	0	2,818,697	191,835	
홍성군(23)	4	0	4	1,360,307	0	1,360,307	880,547	
보은군(24)	9	0	9	0	0	0	0	
청양군(26)	0	0	0	0	0	0	0	
보령군(27)	3	6	9	0	110,472	110,472	44,314	
대전시(28)	1	0	1	0	0	0	0	
공주시(29)	0	0	0	0	0	0	0	
옥천군(31)	2	0	2	0	0	0	0	
부여군(32)	1	2	3	0	0	0	0	
대천시(33)	0	0	0	0	0	0	0	
논산군(34)	4	7	11	1,170,291	0	1,170,291	67,796	
영동군(35)	7	0	7	879,136	0	879,136	104,957	
금산군(36)	6	20	26	4,777,853	8,967,686	13,735,539	304,749	
서천군(37)	1	14	15	0	190,260	190,260	32,288	
합계(34개시군)	128	97	225	27,023,639	9,623,926	36,647,565	3,040,232	

(0 : 자료가 없거나 현재조사중)

Crushed aggregate resources sites on geological units

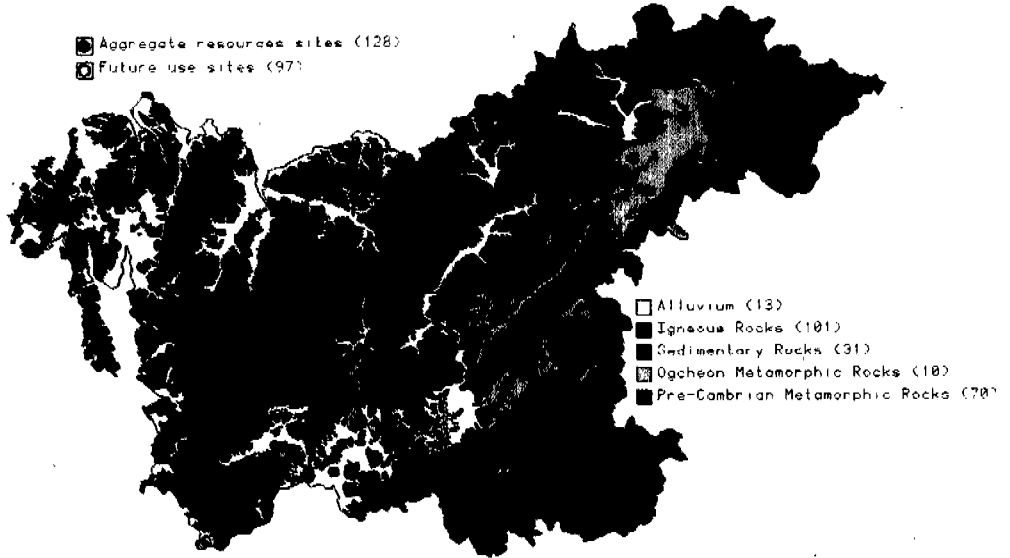


Fig.3 Crushed aggregate resources sites on geological units

Table 6. Crushed aggregate resources on geological units

번호	지 질	개 소			수량(m <sup>3</sup> )			면 적 (m <sup>2</sup> )	비 고
		기개발	개발가능	계	기개발	개발가능	계		
1	충적층 (Alluvium)	9	4	13	662,737	0	662,737	131,478	수량과 면적은
2	화성암류 (Igneous Rocks)	64	37	101	10,703,140	5,258,820	15,961,960	1,770,278	허가수치 임(1993)
3	퇴적암류 (Sedimentary Rocks)	16	15	31	1,228,410	110,472	1,338,882	118,489	
4	옥천 변성암류 (Ogcheon Metamorphic Rocks)	8	2	10	4,617,983	4,064,374	8,682,357	293,654	
5	선캠브리아 변성암류 (Pre-Cambrian)	31	39	70	9,811,369	190,260	10,001,629	726,333	
합계	Metamorphic Rocks)	128	97	225	27,023,639	9,623,926	36,647,565	3,040,232	

(0 : 자료가 없거나 현재 조사중)

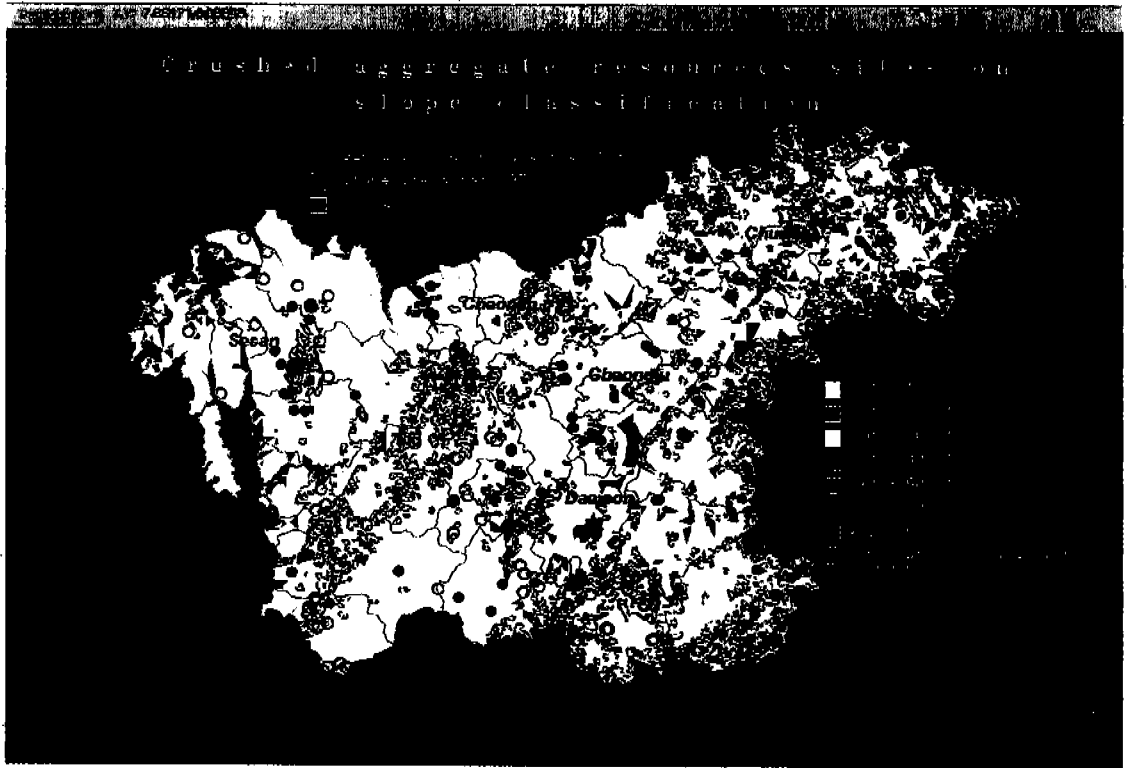


Fig.4 Crushed aggregate resources sites on slope classification

Table 7. Crushed aggregate resources on slope classification

번호	지형경사 (degree)	개 소			수 량(m <sup>3</sup> )			면적(m <sup>2</sup> )	비 고
		기개발	개발가능	계	기개발	개발가능	계		
1	0-10	89	70	159	19,547,244	9,054,032	28,601,276	1,563,276	수량과 면적은
2	10-20	10	2	12	976,970	0	976,970	130,701	허가수치침
3	20-30	6	9	15	1,637,901	62,582	1,700,483	119,268	(1993년기준)
4	30-40	12	11	23	13,600	507,312	520,912	62,773	
5	40-50	8	5	13	4,436,620	0	4,436,620	1,090,417	
6	50-60	3	0	3	411,304	0	411,304	73,844	
7	60이상	0	0	0	0	0	0	0	
합계		128	97	225	27,023,639	9,623,926	36,647,565	3,040,232	

(0 : 자료가 없거나 현재 조사중)

Crushed aggregate resources sites for important construction areas

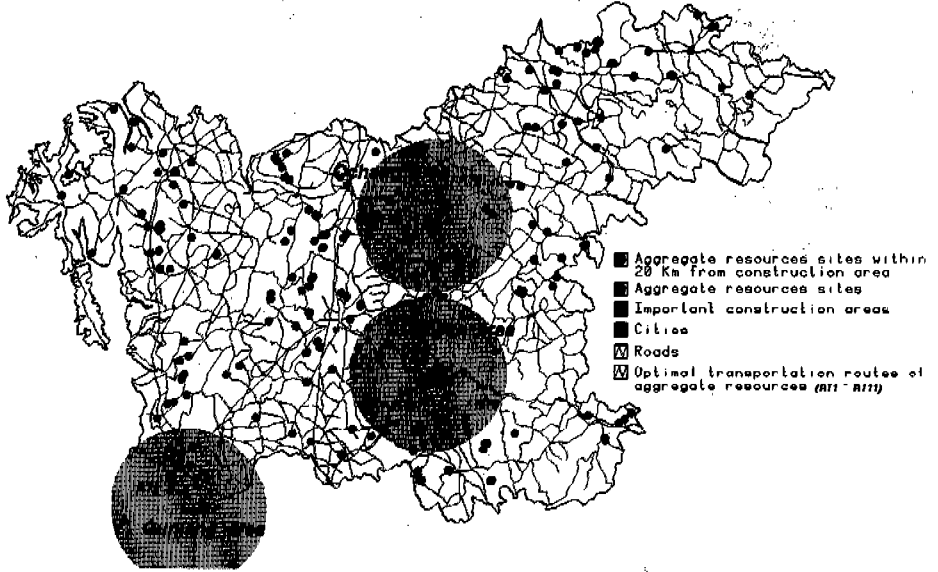


Fig.5 Crushed aggregate resources sites for important construction sites

Table 8. Crushed aggregate resources on important construction sites

번호	주요 수급지	개 소			수 량(m <sup>3</sup> )			면적(m <sup>2</sup> )	비 고
		기개발	개발가능	계	기개발	개발가능	계		
1	군장 국가공단	1	14	15	0	190,260	190,260	32,288	수량과 면적 은 허가수치
2	대전 둔산신도시	14	17	31	8,649,737	8,957,686	17,607,423	502,101	임(1993년기 준)
3	청주 첨단산업 기지(오창면)	13	2	15	4,623,051	0	4,623,051	289,181	
합계		28	33	61	13,272,788	9,147,946	22,420,734	823,570	

(0 : 자료가 없거나 현재 조사중)

Table 9. Crushed aggregate resources sites on important construction sites  
 (주요 수급지 : 1. 군장국가공단, 2. 대전 둔산신도시, 3. 청주 첨단산업기지)

Record	번호	주요 수급지	기 개발	개발 가능	수 량(m³)			면적(m²)	비 고
					기개발	개발가능	계		
1	105	1		V	0	0	0	0	수량과 면적은 허가수치임 (1993년 기준)
2	106	1	V		0	0	0	0	
3	95	1		V	0	0	0	0	
4	104	1		V	0	62,582	62,582	14,030	
5	94	1		V	0	0	0	0	
6	99	1		V	0	0	0	0	
7	101	1		V	0	0	0	0	
8	103	1		V	0	0	0	0	
9	102	1		V	0	127,678	127,678	18,258	
10	100	1		V	0	0	0	0	
11	93	1		V	0	0	0	0	
12	98	1		V	0	0	0	0	
13	92	1		V	0	0	0	0	
14	97	1		V	0	0	0	0	
15	96	1		V	0	0	0	0	
16	166	2	V		1,630,000	0	1,630,000	57,420	
17	75	2	V		1,292,000	0	1,292,000	42,318	
18	53	2		V	0	0	0	0	
19	54	2	V		200,000	0	200,000	50,440	
20	50	2	V		200,452	0	200,452	10,707	
21	153	2	V		0	0	0	0	
22	152	2	V		0	0	0	0	
23	55	2		V	0	0	0	0	
24	56	2		V	0	0	0	0	
25	51	2	V		150,000	0	150,000	6,189	
26	115	2		V	0	0	0	0	
27	144	2	V		0	0	0	0	
28	118	2	V		0	0	0	0	
29	114	2		V	0	0	0	0	
30	107	2		V	0	0	0	0	
31	108	2		V	0	0	0	0	
32	128	2	V		617,337	0	617,337	14,960	
33	143	2		V	0	0	0	0	
34	129	2		V	0	0	0	0	
35	109	2	V		399,432	0	399,432	30,278	
36	136	2		V	0	4,386,000	4,386,000	37,900	
37	135	2	V		0	0	0	0	
38	124	2	V		3,076,658	0	3,076,658	87,515	
39	111	2		V	0	0	0	0	
40	119	2		V	0	102,062	102,062	10,572	

Record	번호	주요 수급지	기 개발	개발 가능	수 량(m <sup>3</sup> )			면적(m <sup>2</sup> )	비 고
					기개발	개발가능	계		
41	125	2		V	0	4,064,374	4,064,374	0	
42	141	2		V	0	0	0	0	
43	142	2		V	0	0	0	0	
44	126	2		V	0	0	0	38,048	
45	127	2	V		1,083,858	0	1,083,858	31,722	
46	137	2		V	0	405,250	405,250	18,645	
47	190	3	V		218,319	0	218,319	0	
48	41	3		V	0	0	0	62,640	
49	189	3	V		1,206,448	0	1,206,448	0	
50	40	3		V	0	0	0	0	
51	177	3	V		0	0	0	0	
52	169	3	V		0	0	0	0	
53	170	3	V		0	0	0	0	
54	171	3	V		473,000	0	473,000	27,226	
55	173	3	V		519,393	0	519,393	35,672	
56	172	3	V		693,553	0	693,553	25,014	
57	175	3	V		660,608	0	660,608	53,360	
58	174	3	V		579,230	0	579,230	50,514	
59	163	3	V		272,500	0	272,500	16,110	
60	164	3	V		0	0	0	0	
61	167	3	V		0	0	0	0	
합계			28	33	13,272,788	9,147,946	22,420,734	823,570	

(0 : 자료가 없거나 현재 조사중)

의 생산과 수급 균형 조절을 아주 경제적이  
며 신속하게 할수 있음은 물론 계속적  
인 부존량 조사 자료의 첨가에 따라서 골  
재 수급관리 정책의 결정자가 아주 유용  
하게 활용할 수 있다.

### 골재 자원의 최적 수송 경로 분석

금번 연구에서 골재자원 정보시스템의  
두번째 활용 기술은 자원의 최적 수송 경  
로 분석이다. 이 분석의 주목적은 원거리  
골재 수송 분석을 위한 것이었다. 즉 주요  
수급지(건설공사지역)에서 갑작스러운 다  
량의 골재 필요 발생과 공사현장 근처 공

급지(20km 이내)에서의 골재 생산 부족  
은 다른 도,군 등 먼곳에 위치한 생산지로  
부터의 골재 운반을 즉시 필요로 하게된  
다. 이러한 경우에 가장 중요한 것은 자원  
운반 도로의 확보와 최적 이동 경로의 선  
택이다. 금번 연구에서 활용된 ARC/  
INFO의 네트워크 알고리즘은 도로 자료  
들의 위상관계와 속성값(도로 종류, 차선,  
포장 등)들에 근거하여 아크(Arc)와 노드  
(Node)간의 관계를 분석한 후, 노드간의  
최적 경로를 찾아내는 것이다. 분석을 위  
한 자료구조는 반듯이 선 자료구조(Line  
topology)로 이루어져야하며, 아크와 아크  
를 연결하는 노드(Stops;정거장), 아크의

끝부분(Barriers), 집적과 분배의 중심지(Centres; 생산지와 수급지), 아크(노드간의 연결; 도로) 등이 필수적으로 도로의 선 자료 작성시에 형성되어야만 한다. 실제 분석은 다음의 과정을 거쳐서 이루어졌다. 먼저 각 도로들에 대한 속성정보(도로 종류, 차선, 포장 등)와 교차로에서의 정차 시간 등에 관한 정보가 수집되었다. 이들 정보들은 각 도로들의 교통 저항값(Impedance)을 계산하기 위한 것이며, 일반도로(Arc impedance)와 교차로(Turn impedance)로 구분되어 작성되었다(Table 10).

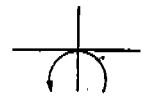


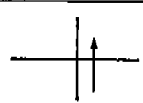
첫째로 도로의 저항은 1/100,000 도로 교통망도를 참고하여 고속도로를 제외한(덤프트럭 제한지역) 일반 도로들을 국도, 지방도, 시군도로 구분한 후, 차선과 포장 상태를 고려하여 저항(Arc impedance) 속성 테이블(Table 10-1)에 각각 등록하였다. 도로의 종류, 차선, 포장 상태의 3개 요소 외에도 도로 평균 시속 자료도 참고가 될 수 있으나 도로 교통법상 최고속도만 제한되고 있으므로 금번 연구에서 이 요소는 제외시켰다. 두번째 중요 요소는 교차점(Turns)에서의 회전 각도에 따른 시간 저항값(Time impedance)이다(Table 10-2). 좌회전에 대하여 가장 작은 저항값(10)이 주어졌으며, U-Turn은 가장 높은 값(20)이 책정되었다. 모든 도로들에 대한 저항값이 위의 두과정을 거쳐 완성된 후, 도로 데이터베이스 구축(Table 3의 4번째 자료층)이 실현되었으며, 이 자료들을 기초로 최적 수송 경로가 탐색되었다. 즉 시스템은 생산지와 수급지 간의 모든 도로 상황을 분석하기 시작하

Table 10. Arc and Turn impedance

(1) 도로(Arc impedance)

도로의 종류	차선	상태	속성값	impedance
국 도(1)	4차선(1)	포장(1)	21	1
		비포장(2)	22	2
	2차선(2)	포장(1)	23	2
		비포장(2)	24	4
지방도(2)	2차선(2)	포장(1)	31	4
		비포장(2)	32	8
시.군도(2)	2차선(2)	포장(1)	41	4
		비포장(2)	42	8
고속도로			10	-1
고속도로 진입도			50	-1

(2) 교차로(Turntable : Node)

교차로(Turn)종류	회전각도	Time impedance (second)	비고
	130	20	U turn
	$0 < \theta < 90$	10	우회전
	$0 < \theta < 90$	20	좌회전
	0	15	직진
(*No turn)		-1	(막힘)

며, 도로 저항과 교차로에서의 시간 저항이 가장 적은 노선을 탐색하는 것이다. Fig.6과 Table 12(Fig.5와 Table 11(RT1-RT11)은 주요 수급지별 분석임)은 연구지역에서 시행된 최적 경로 분석 그림으로써, 3군데 주요 수급지(둔산 신도시,

군장 국가공단, 청주 첨단산업기지를 위  
하여 반경 20km를 벗어나는 골재 생산지  
역들중 대표적으로 10군데(RT100-

RT110)의 최적 경로가 분석되었으며, 실  
제 주행거리는 노드들간의 거리 합으로  
데이터베이스내에 저장되어있다.

Table 11. Optimal transportation routes for important construction sites

site No.	Route No.	From node	To node	dcode	vol(m <sup>3</sup> )	비 고
1 (군장 국가 공단)	RT1	1474	1470	1(기개발)	14,030	수 량 (vol) 은 허가 수치임. (1993년 기준)
	RT2	1462	1470	2(개발가능)	18,258	
	RT3	1473	1470	1(기개발)		
2 (대전 둔산신도시)	RT4	1475	1464	1(기개발)	50,440	
	RT5	1476	1464		87,515	
	RT6	1482	1464	2(개발가능)		
	RT7	1483	1464			
3 (청주 첨단산업기지)	RT8	1477	1465	1(기개발)	53,360	
	RT9	1478	1465		62,640	
	RT10	1479	1465	18,645		
	RT11	1480	1465	2(개발가능)		

(Table 5, 9에서 "0"으로 표시된 지역에 대한 수량(vol)은 계산되지 않았음)

Table 12. Optimal transportation routes of crushed aggregate resources

site No.	Route No.	From node	To node	dcode	vol(m <sup>3</sup> )	비 고
1 (군장 국가 공단)	RT100	1484	1470	1	62,914	수 량 (vol) 은 허가 수치임. (1993년 기준)
	RT101	1485	1470	1	63,383	
	RT106	824	1470	2		
	RT109	1075	1470	2		
2 (대전 둔산신도시)	RT102	1486	1464	1	89,067	
	RT103	1487	1464	1		
	RT108	763	1464	2		
	RT110	1188	1464	2		
3 (청주 첨단산업기지)	RT104	1488	1465	1	73,844	
	RT105	1489	1465	1	62,207	
	RT107	600	1465	2		

(Table 5, 9에서 "0"으로 표시된 지역에 대한 수량(vol)은 계산되지 않았음)



Optimal transportation routes of aggregate resources

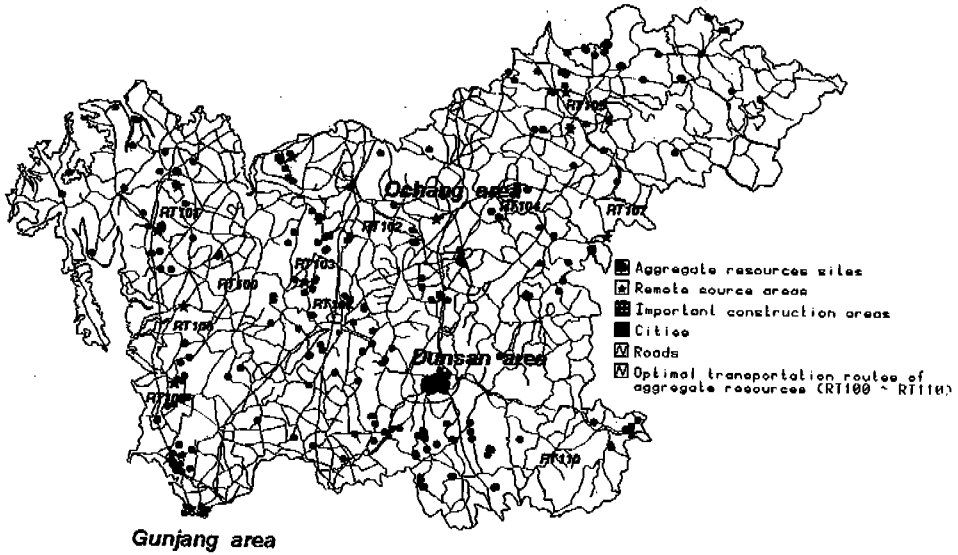


Fig.6 Optimal transportation routes of aggregate resources

결론

골재자원의 효과적 관리를 위하여 개발된 GIS의 골재자원 정보시스템은 그 효용성이 시범지역에 대한 분석 결과를 토대로 확실히 증명되었다. 부존량 관리(행정 구역별, 암종별, 경사별, 주요 수급지별 등)와 자원의 최적 수송 경로 분석 등 골재자원의 체계적인 관리는 이제 이러한 종합적 수치 정보시스템을 이용하지 않고는 불가능하다. 또한 이와같은 기초 자원 관리 연구는 소요지의 필요량과 생산지 공급량의 적절한 조절을 위한 효과적 수급관리에도 활용될 수 있다. 그러나 최종

분석결과 일부 문제가 된 것은 시스템의 하드웨어나 소프트웨어상의 문제가 아니라 데이터베이스내에 구축된 자료들의 정확성과 부존량 조사에 대한 사용자들의 신뢰성 문제였다. 물론 전문가들에 의하여 일부 현장답사 실시 후, 부존량이 실제로 평가된 것도 있으나 그 평가방법은 개인별로 많은 차이를 보이고 있다. 이러한 문제점들은 사용자들에 의하여 본 시스템에 대한 불신을 초래 할 수 있으므로 시급히 개선하여야 될 문제로 생각된다. 또한 앞으로 여러 국가 행정기관에서 효과적인 골재자원의 부존량 관리와 수급관리에 대한 적절한 정책수립을 위하여는 본 골재

자원 정보시스템의 적극 활용을 권장하고  
저하며, 동시에 실제 사용자들을 위한 적  
절한 교육이 필요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 김윤종의, 1993. 지하수자원개발을 위한  
GIS 응용연구, 지질공학회지, 제3권  
제2호, pp.101-114.
- 유근배, 1990. 지리정보론, 상조사.
- 이동영외, 1993. 골재자원부존조사, 한국  
자원연구소.
- Aronoff,S., 1989. Geographic Information  
Systems, WDL Publications, pp.151-  
187.
- Burrough,P.A., 1985. Principles of GIS  
for land resources assessment, pp.11  
-38.
- Date,C.J.,1990. Database system, Addison  
-Wesley Publishing Company, pp.276  
-368.

- ESRI, 1991. Network Analysis(ARC/  
INFO manual).
- Xiong,D., 1992. Traffic flow modeling  
with visualization tools, GIS/LIS '92  
Annual Conference and Exposition,  
Vol.2, pp.844-853.

---

김윤종, 이동영:  
한국자원연구소 지질연구부  
대전시 유성구 가정동 30번지, 305-350  
TEL:(042)868-3057  
FAX:(042)861-9720

신은선:  
충남대학교 자연과학대학 지질학과  
대전시 유성구 궁동 220번지, 305-764  
TEL:(042)821-6423  
FAX:(042)822-9690