

지질 피해예상 및 절취 난이도분석을 위한 GIS 응용연구 Analysis of Geological Risk and Excavation Index using GIS Technique

김윤종(Kim, Youn Jong)
김원영(Kim, Won Young)
유일현(Yu, Il Hyon)
이사로(Lee, Sa Ro)
민경덕(Min, Kyung Duck)

한국자원연구소
한국자원연구소
한국자원연구소
연세대학교
연세대학교

요약/Abstract

GIS를 이용하여 청주지역을 대상으로 다양한 지질공학 분석들이 통일된 종합 시스템내에서 실시되었다. 지질재해, 특히 산사태의 재해(hazard) 발생과 피해(risk) 예상분석, 개발지역에 대한 토공량 자동분석과 절취 난이도분석 모델 개발 등 종합적인 지질공학 분석들이 당연구 그룹에 구현된 환경지질정보시스템내에서 아주 경제적으로 처리되었다. 실제로 지반 처리를 위한 지질공학연구는 많은 실내 실험자료들을 필요로 한다. 그러나 GIS는 기본적인 지질공학 자료들로 부터 다양한 GIS 지도모형연구를 통하여 복잡한 분석단계들을 점차 단순화 시키는 물론, 우리가 지금까지 생각해온 지질공학 기술들을 변화시키고, 자료들을 조직화하는 능력이 있다. 본 연구를 통하여 하나의 통일된 시스템하에서 분석된 GIS의 다양한 지질공학 연구들은 이러한 기본 생각들을 실제로 증명하는 계기가 됨은 물론 지질공학분야에 있어서의 GIS의 활용도를 높일 것이다. 산사태 분석 모델은 당연구그룹에서 1992년에 개발한 기존 모델을 연구 지역의 특성을 고려하여 재구성 시켰으며, 첨단 산업기지 예정지에서의 절취 난이도 분석모델은 실제 토목공사에 직접 활용될 수 있음은 물론 현재 당연구그룹에서 개발 진행중인 지질공학 분석용 GIS 전문가 시스템의 일부이다.

Two thematic maps on environmental geology were produced in the Cheong-Ju area, with aids of GIS technique. They are landslide hazards & risk maps and cut-fill maps. The models of environmental geology map and digital database were established for creation of these maps

by means of cartographic simulation in GIS. These special maps are very important for understanding the environmental characteristics of the study area, and can be applied in the establishment of the regional land use planning. For instance, the landslide hazard and risk map can play very important role in the road design, and cut-fill map in the construction work in the area. The scoring system for landslide analysis was developed through the evaluation of each environmental geologic factor in relation to the others and reflects the relative importance of each factor. The excavation index(easy, intermediate and difficult) was evaluated through cut-fill analysis, and they can be very useful for assessing the degree of excavation difficulty.

서론

지질공학 분석은 다양한 실내 실험과 그 결과를 기초로한 지질공학 모델연구를 통하여 지반특성에 대한 자세한 분석이 이루어진다. 통합정보시스템인 지리정보시스템(GIS)의 이용은 지질공학적 연구의 복잡한 분석 단계들을 단순화 시키는 물론 GIS 지도모형연구를 통하여 하나의 통일된 시스템 하에서 다양한 적지 선정 분석연구를 가능하게 할 수 있었다. 금번 연구는 초기단계에 지질재해 분석(산사태)을 위한 GIS 모델(김윤종의, 1992) 적용에 의하여 1차적으로 연구지역에 대한 지반의 안정성, 산사태 재해 및 피해를 광역적으로 분석한 후에, 개발 가능지역에 대한 기준 설계 고도(60 msl)를 선정하여 최적 개발지를 선정하였다. 또한 연구지역 내에 위치한 첨단 산업기지 건설 예정지의 적지 여부를 재 검토한 후, 토공량계산(cut & fill)에 의한 절취 난이도(condition of excavation) 분석 모델을 개발하여 실 토목공사의 설계에 활용할 수 있게 하였다. 본 연구의 중요한 목적중 하나는 토지 활용우선도(Land management) 결정을 위한 종합 환경지질도 작성과 그의 자동생산 기술 확보이다.

이를 위하여는 GIS 기술의 활용이 필수적이며, 환경지질도의 기본 모형연구, 환경지질 데이터베이스 설계 및 구축이 필수적이다. 금번 연구에서 작성된 산사태 재해 및 피해 분석도, 토공량 계산과 절취 난이도 분석은 당 연구 그룹에서 현재 시행중인 종합 환경지질도 작성을 위한 2차 GIS 모형도(Sub model)들이며, 연구의 최종 결과는 금년('94년) 말에 완공될 것이다. 결국 이러한 연구들을 위하여는 우선 여러 분야(토양, 사면분석, 지하수 등)의 환경지질조사가 선행되어야 한다. 초기 환경지질정보(토양도, 지질도, 지하수위도, 풍화대 및 시험 시추도 등)들은 이러한 조사 결과들을 토대로 추출, 분석되어야 하며, 본 연구를 위한 정보들은 연구지역의 기초조사자료(토양도, 지질도, 지형도 등)들이 이용되었다. 지하 지질정보들은 농어촌진흥공사에서 시행된 본 지역의 시험 시추 자료(1970-1991)가 광범위하게 수집되어 재정리된 후 컴퓨터에 입력되었다. 본연구를 통하여 작성된 토공량 분석도와 절취난이도는 대단위 토목공사 설계를 위한 필수 자료이며, 산사태 분석도는 도로 설계 등에 아주 요긴하다. 결국 이러한 GIS 도면들은 환경지질조사를 위한 필수 정보제공은 물론 지역개발 계획에 아주

필요한 정보들이다. 동시에 본 연구를 위하여 도입된 GIS는 각종 지질 정보들을 분산 배치시키고 표준적인 좌표 체계를 통하여 그들을 하나의 완벽한 배열로 결합시키기 때문에 대상지역의 각종 자연 및 인문적 특성들을 하나의 데이터베이스로 구축해 낼 수 있으며, 다양한 지질공학적 지도모형연구를 가능하게 할 수 있었다.

지질 재해 및 피해 예상도 작성과 분석

재해(Hazard : H)는 특정 기간 동안 일정한 지역내에서 잠재적인 특정한 자연현상의 발생 확률을 뜻하고, 피해 요인(E)은 특정한 자연현상의 영향을 받는 인명, 재산, 자연 환경 등을 뜻한다(Varnes, 1978). 그리고, 피해(Risk : Rt)는 특정한 자연현상 때문에 생기는 인명피해, 재산피해, 경제활동의 붕괴 정도로서, 재해와 피해 요인의 곱, 즉 $Rt = E \times H$ 로 표현된다. 결국 지질 재해, 즉 산사태 재해(Landslide hazard)는 산사태 발생 가능성을 의미하며 산사태 피해(Landslide risk)는 이러한 산사태가 실제로 인간에게 미칠 수 있는 피해의 정도를 의미한다. 피해 예상도(Risk map) 작성의 일반적 방법은 산사태 분석모형(김윤종의, 1992)을 이용하여 작성되는 재해 발생 예상도(Hazard map)와 토지 이용 현황도(Landuse map)을 중첩시키는 것이다(Einstein 1988).

1차적으로 GIS를 이용한 산사태 재해 발생 분석(Hazard analysis)을 위하여는 다양한 환경 및 지질공학 요소들을 초기 분석, 처리한 후 지역적 특성이 고려된 산사태 발생 요인을 추출하여 GIS 시스템 내에서 정량적으로 분석하

여야 한다. 재해분석 GIS모형은 당 연구 그룹에서 '91-'92년에 개발된 기본모형을 기초로 연구지역의 특성을 고려하여 6개의 요인(지형경사, 방위, 암질, 토질, 식생, 토지 이용)들이 선정되었다(Table 1). 산사태 발생의 중요도에 따라서 각각의 요소들에 대한 등급과 가중치가 개발되었으며, 이들은 대상지역의 환경지질학적 특성에 따라서 재조정되어질 수 있다. 1992년 개발된 1차 재해분석 모형은 9개의 환경요소(지형경사, 산사태 빈도, 지하수위도, 식생, 강우, 토성, 지질, 기반암성질, 파괴면에서의 지층경사)들이 고려되었다. 그러나 금번 연구에서는 산악지역에 대한 지하수위 자료의 부족과 내삽법에 의한 등지하수위 선 추출의 부정확성 때문에 지하수위도는 제외하였다. 또한 강우량은 유역 구분에 따른 강우자료들의 취득 불가로 제외시켰으나, 정밀토양도(농촌진흥청, 1977)에 의한 본 연구지역의 평균 강우량은 1,100 mm~1,200mm로써 1차 분석 결과(1992) 낮은 위험도에 해당되므로 실제 분석에는 커다란 영향이 없을 것으로 사료된다. 또한 토지이용 분석은 산사태가 일어난 지역의 피해정도(Risk analysis)를 예측하기 위한 피해 예상도 작성을 위하여 필요하다. 즉 도시 지역이나

Table 1. Summary of scoring system for landslide hazard analysis

Factor	Rating	Weight
Topographic Slope	1-7	5
Topographic Aspect	1-5	2
Lithology	1-4	3
Soil texture	1-5	4
Vegetation	1-5	2
Land Use	1-4	(risk)

거주 지역은 사람 및 건물이 밀집되어 있으므로 이런 인구 밀집지역에서의 산사태 발생은 인명과 재산 피해가 클 것이며, 나대지는 사람이 거의 살고 있지 않으므로 산사태가 발생 하더라도 그 피해가 적다. 본 연구에서는 토지이용에 따라 농작물이 없는 개간지(1), 모래 및 자갈밭 같은 나대지(1), 하천과 호수 및 저수지의 물(1), 삼림지(2), 논과 밭지역인 경작지(3), 주거지역 및 공업 지역 등을 포함하는 거주지(4)로 구분하였다. 이와같은 분류는 미국 지질조사소(U.S.G.S.)의 구분 방법(Anderson, et al., 1976)을 기초로 연구의 특성(광역적 분석)과 영상 자료의 정확성을 고려하여 대분류된 것이다. 최종 피해 예상도(Risk Map) 작성은 1차적으로 작성된 재해 예상도(Hazard Map)에 TM영상으로부터 얻어진 토지이용도가 다시 중첩된 2차 지도모형연구를 통하여 생성되었다. 본 연구에 사용된 ARC/INFO 시스템은 새로 생성되는 도면의 속성표에 중첩되어지는 모든 도면들의 속성 자료들을 계속 유지함으로써 재해 예상 지수와(HI) 피해 예상 지수(RI)의 계산을 가능하게 하였다. 계산 방법은 아래와 같으며, 이 값들이 높으면 산사태에 대한 발생과 피해가능성이 크다는 것을 의미한다.

$$HI = (Tr \times Tw) + (Ar \times Aw) + (Gr \times Gw) + (Sr \times Sw) + (Vw \times Vr)$$

$$RI = HI \times (Lw \times Lr)$$

(HI : 재해 예상 지수(Hazard Index),

RI : 피해 예상 지수(Risk Index))

(Tr, Tw : 경사 등급(r)과 가중치(w),

Ar, Aw : 사면방위, Gr, Gw : 지질,

Sr, Sw : 토양, Vw, Vr : 식생

Lw, Lr : 토지이용)

재해 등급을 분류하기 위하여 재해 예상 지수(HI)와 피해 예상 지수(RI)를 세로축으로, 이 지수들이 분포하는 면적을 가로축으로 하여 누적 분포도가 작성되었으며, 분포도 곡선상에서 가장 두드러진 변화를 보이는 변곡점들(HI=32, 40, 56, RI=56, 95, 123)이 선택되어 전체 지수들을 각각 4등급으로 구분한 후 최종 산사태 재해 예상도(Fig.1-A)와 산사태 피해 예상도(Fig.1-B)가 작성되었다.

최종 분석결과 연구지역의 재해 예상 지수 범위는 16-74(Table 2)로, 그리고 28-41에서 넓은 면적 분포를 보이며, 또한 피해 예상 지수의 범위는 16-236의 분포를 나타내고 있다. 이 수치들은 재해 발생의 예상정도 및 피해 예상정도를 나타내는 상대적인 수치들으로써 대상지역에 따라 변화를 가져올 수 있으며, 이 값들이 높은 지역은 재해의 발생 및 피해 정도가 높은 곳으로 고려된다. 연구 지역의 북서쪽과 남동쪽은 산지로 산사태에 대한 발생과 피해 예상 정도가 높게 나타났으며, 북동쪽에서 남서쪽으로 흐르는 미호천, 병천천, 무심천을 따라 분포하는 충적층에서는 재해 예상의 정도가 낮았으나 거주지의 넓은 분포로 산사태 피해는 높게 예상되는 것으로 나타났다. 앞으로 대규모 공사 예정 지역들(국토개발연구원, 1991)은 대체로 산사태 발생 예상 정도에 있어서 안정(Low) 혹은 잠재적 불안전(Medium)한 지역이 넓게 분포하나, 본 지역에 대한 실제 입지 선정시에는 좀더 많은 현장조사가 실시되어야 한다.

토공량 계산과 절취난이도 분석

본 모델 개발의 주목적은 대상지역(단지 계획 및 설계 등)에 대하여 필요한 토공량

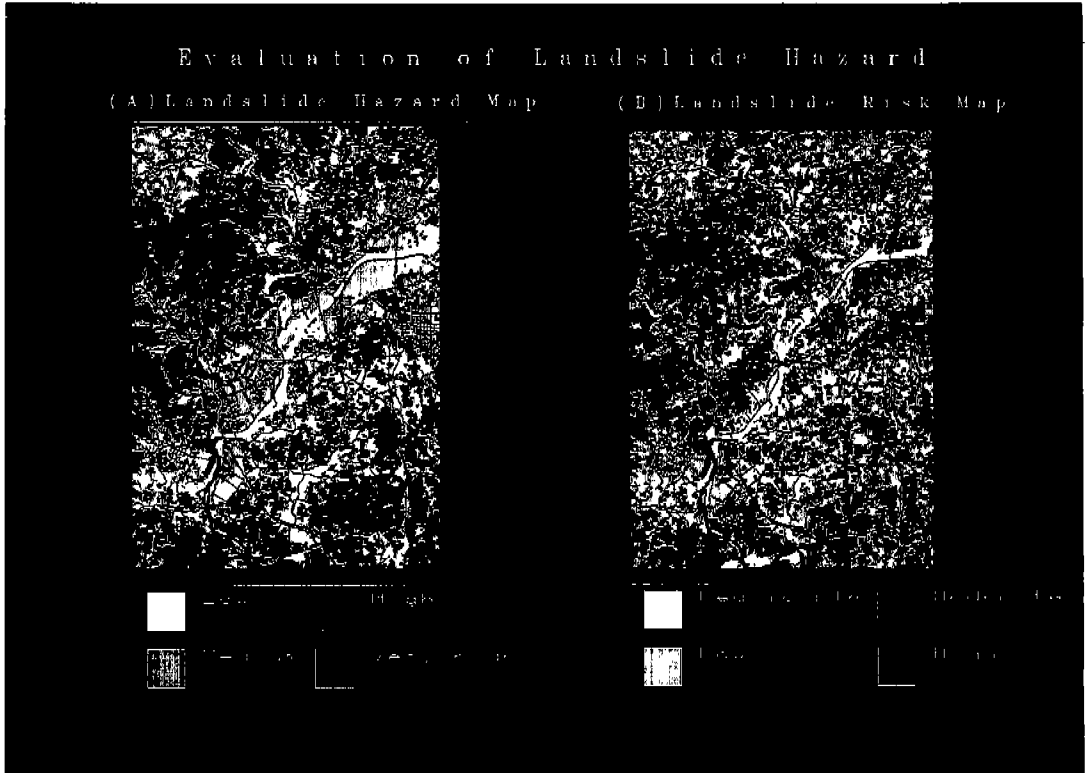


Fig.1 Evaluation of landslide hazard and risk.

Table 2. Hazard Index(HI) and Risk Index(RI)

(1) Hazard Index

Hazard Index (HI)	Classification	%(area)
16-31	Low	22
32-39	Medium	27
40-55	High	31
56-74	Very high	10

(2) Risk Index

Risk Index (RI)	Classification	%(area)
16-55	Negligible	21
56-94	Low	28
95-122	Moderate	30
123-236	High	11

계산, 그리고 단지 계획시 변경된 지형에 대한 절토량(Cut volume) 및 성토량(Fill volume)등을 자동적, 경제적으로 계산하는 GIS 기법 개발과 토목공사의 실제 적용을 위한 절취난이도 분석이다. 이를 위하여 앞장에서 산사태 분석이 1차적으로 이루어진 대상지역에 대하여, 기준 설계고도와 지질공학 요소 분석에 의한 토지의 효과적 개발 가능지역을 선정하고, 그 지역들을 대상으로 토공량의 자동적 분석모델(절토 및 성토 깊이)을 개발한 후 실제 분석을 실시하였다. 첨단 산업 단지 예정지역(오창면지역)에 대하여는 지하지질자료의 GIS 데이터베이스를 이용하여 풍화대와 암반구분을 자동적으로 처리한 후, 단지 조성을 위한 절취 난이도(Condition of

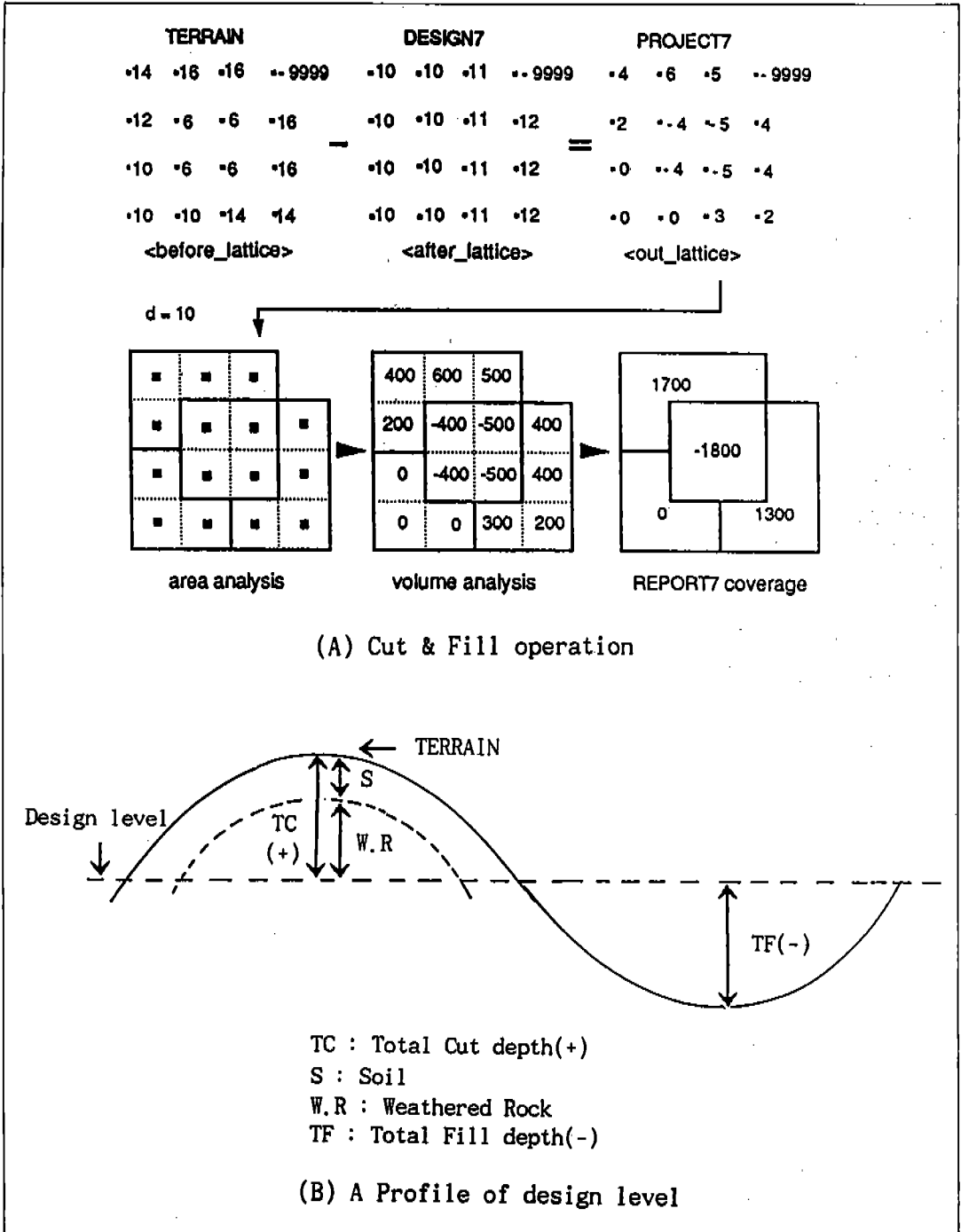


Fig.2 Cut and fill analysis.

excavation) 모델을 개발, 연구지역에 실제로 적용, 분석하였다.

개발 대상 지역 선정과 토공량 분석

본 연구지역은 지형 특성상 북서 및 남동 지역의 산악지역(편마암지대)을 제외하고는 주라기 반상 화강암(Porphyritic granite, Biotite granite)등의 심한 풍화에 의하여 평탄한 지형을 형성하고, 동시에 전반적으로 깊은 토심(4~10m)을 가지고 있다. 이와같은 일반적인 자연 조건을 기초로 넓은 지역에 대하여 다음 3가지의 초기 조건을 설정한 후, GIS의 영향권 분석(Buffering analysis) 기법을 사용하여 1차 개발 대상지역(토공량 계산 지역)을

추출하였다(Fig.3의 색깔로 표시된 전지역) :
 ①지표 표고가 40ML 이상 및 120ML 하부 지역, ②기존의 거주지역 제외, ③산사태 위협의 적은 지역(앞장 분석내용 적용).

토공량 분석(Cut & Fill analysis) 모델은 자료처리 기법상 래스터(Raster) 형태 자료 처리 방법을 사용하였으며, 절토(Cut) 및 성토(Fill)량을 나타내기 위하여 기존 지형(Terrain)에서 계획 지형(Design)을 감함으로써, 그 변화량을 가지는 LATTICE data를 작성하였다(Fig.2-A). 절토와 성토의 깊이는 각각 "+", "-"로 표시되고 그 양은 각각의 면적을 곱하여 계산된다. 넓은 지역을 동시에 처리키 위하여는 벡터(Vector) 보다는 래스터 자료 구조가 편리하며, 이를 위하여 시스템 내에서

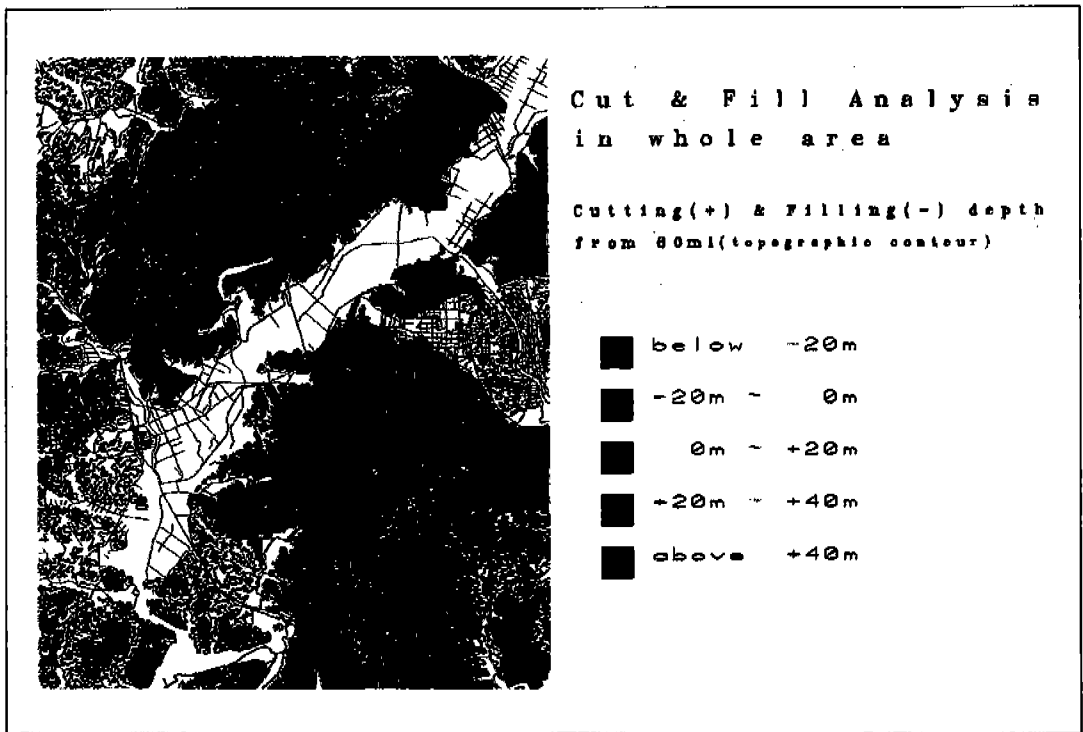


Fig.3 Cut and fill analysis in the whole area.

몇 번의 자료 구조 변화(Vector↔Raster)를 시켰다. 이때 발생하는 오차는 수학적 내삽법 및 입력자료의 정확성에 기인되나, 본 연구 지역에서는 초기 입력 자료의 정확성(지형 등고선의 직접입력)으로 만족할만한 결과를 얻었다. 위에서 선정된 개발 대상지역의 토공량 계산을 위한 기준 설계 고도(Design level)를 60ML로 설정하였고, 이 기준치는 전체 지형이 고려된 일반적인 것이다. 1차 분석에서는 전체적인 토공량 계산보다는 대상지역의 절토 및 성토 깊이가 더 중요하다. 즉 자료 처리를 위한 LATTICE 자료의 간격은 50m 단위(단위 cell : 50m×50m)로 하였을 때, 초기 조건(40ML<area<120ML)과 설계 고도(60 ML)에 의하여 그 깊이는 -20m<Cut & Fill depth<+60m이 산출되며(Fig.3), 깊이에 따른 지표의 면적 계산표와 전체 절성토양을 Table 3에 표시하였다. 연구지역에서 자연환경 측면이 고려된 가장 경제적인 토지 개발이 가능한 지역은 Fig.3에서와 같이 -20m<Cut & Fill depth<+20m지역(전체 면적의 약 46%, 109 km²)이며, 토지 활용 우선 순위도가 아주 높은 지역으로 사료된다. 실제로 본연구에서 추출된 1차 개발 대상지역은 제3차 국토 개발 계획에 계획된 여러 개발지역을 포함하고 있다(국토개발연구원, 1991).

절취난이도 분석

본 지역(오창면)은 절취난이도 계산을 위하여 LATTICE 자료의 간격을 10m단위(단위 cell : 10m×10m)로 재처리한 후 앞절의 방법에 의하여 1차로 산업공단에정지역에 대한 토공량이 계산되었다(기준 설계고도 : 65 ML). 동시에 본 지역에서 시행된 시험 시추(농업진흥공사, 1970~1991) 자료를 기초로

Table 3. Cut & Fill analysis in the whole area

(1) Cut & Fill volume(m³), area(m²)

Cut-Vol	7,492,164,451
Fill-Vol	318,031,011
Balance-Vol	7,174,133,439
Cut-Area	186,442,097
Fill-Area	33,916,589
Graded-Area	220,358,687
Not-Graded	16,365,573
Total-Area	236,724,261

(2) Cut & Fill depth(m)

Record	Area	Total area	Cut(+) & Fill(-) & Depth(m)
1	-235,828,443	-235,828,443	
2	11,469,134	11,469,134	
3	3,418,385	3,418,385	below -20
4	10,625,876	46,805,900	-20 to 0
5	36,180,024		
6	31,165,225	63,210,219	0 to 20
7	32,035,994		
8	21,647,828	44,041,685	20 to 40
9	22,393,857		
10	18,628,936		
11	15,850,026	66,892,117	above +40
12	32,413,155		

(Area : m²)

상부 토양층과 풍화대 지역의 심도를 분류한 후 각각의 토공량이 계산되고 실제 공사를 위한 절취 난이도(Condition of excavation : 아래②항)가 분석되었다. 하부 지층의 분류(토양층, 풍화대 분류)는 시추 자료의 SPT(표준관입시험) 타격 횟수(N치)를 기본으로 분류되었다. 즉 상부 토양층은 잔적토(Residual soil : 50회/30cm까지)을 포함시켰으며, 50회/30cm~50회/2cm는 CW(Completely

weathered zone), 50회/2cm~연암까지는 HW (Highly weathered zone)로, 그 하부는 연암 등으로 재구분한 후 GIS시스템 내에 시추 자료의 데이터베이스를 구현시켰다. 절취 난이도 계산을 위하여는 건설부 표준 품셈(1993년, 토목부분)의 암석 절취 품셈을 적용하여 처리하였으며, 아래는 분석된 내용 설명이다.

① 전체 토공량과 풍화대의 절토 깊이 : Fig. 4-(A)는 토공량 분석 결과를 그림으로 표시한 것이다. 전반적으로 낮은 표고(60ML 이하 : 흰색선)로 인하여 성토 지역(Fill area : 5.7km², depth : 0~20m)이 절토 지역(Cut area : 2.4km²)보다 상당히 중요한 부분을 차지하고 있다(Table 4). 또한 절취 난이도 계

산을 위한 실제 절토 깊이는 Fig.2-B에서의 WR(풍화대 : Weathered Rock)에 해당된다. 풍화대 깊이에 따른 절토량 분석에서(Table 5-1) Fill에 대한 정보는 의미가 없으며(N. S), 실 풍화대 절토량은 약 21,270,713m³이다. 또한 가장 우세한 절토 깊이는 10m 정도이다 (Table 5-2, Fig.4-(B)).

② 절취 난이도 : 실제의 토목 공사에서는 앞절에서 분석된 토공량 계산과 더불어 절취난이도(Condition of excavation)가 매우 중요하며, 이 분석은 절취 단가계산에 결정적 역할을 한다. 본 연구에서의 절취 한계선은 위에서 분석된 풍화대 깊이로 한정하였다(시추의 암반자료 부정확성 때문임). 절취 난이



Fig.4 Cut and fill analysis in the industrial area

Table 4. Cut & Fill analysis in the industrial area

Cut-Vol	33,409,083
Fill-Vol	32,614,848
Balance-Vol	794,234
Cut-Area	2,431,300
Fill-Area	5,748,300
Graded-Area	8,179,600
Not-Graded	11,800
Total-Area	8,191,400

(Cut & Fill Volume(m³), Area(m²))

Table 5. Analysis of weathering zone in the industrial area
- (only cut area)

(1) Cut volume(m³), Area(m²)

Cut-Vol	21,270,713	
Fill-Vol	79,597,942	NS
Balance-Vol	-58,327,229	NS
Cut-Area	1,961,400	
Fill-Area	6,230,000	NS
Graded-Area	8,191,400	
Not-Graded	0	
Total-Area	8,191,400	

(NS : No Significant)

(2) Cut depth(m)

Record	Area	Cut depth of W.Z(m)	Remarks
1	-8,191,400	-9999	
2	6,230,000	0	Fill area
3	1,151,100	10	
4	538,800	20	
5	191,700	30	
6	72,800	40	
7	5,800	50	
8	1,200	60	

(Area : m²)

도는 실제로 토양이나 암석의 strength, bulk density, 자연 함수비 등에 좌우된다(Bell,

1987). 그러나 금번 연구에서는 실제 토목공사에 활용될 수 있도록 건설부 표분품셈(토목부분, 1993)을 종합한 후 토양과 풍화대의 절취품셈을 약 1 : 1.25(20 : 45)로 정하여 모델내에서 다음 계산식을 적용하였다.

$$\text{Excavation Index(EI)} = \text{Soil volume} \times 1 + \text{Weathered Rock volume} \times 1.25$$

절취 난이도 지수(EI : Excavation Index)의 범위는 16~135의 분포를 보였으며(Table 6), 그들은 Very easy(0~20), Easy(20~40), Medium(40~80), Difficult(60~80), Very difficult(80이상)로 구분되었다(Fig.5). 구분 방법은 EI와 그들의 면적에 대한 누적 곡선을 그린 후 변곡점들이 추출되었으며, 거의 등간격(약 20)으로 구분되었다. 본역은 실제로 깊은 토심

Table 6. Condition of excavation in the industrial area

Record	Excavation Index(EI)	Area	Condition of Excavation (range of EI)
1	-999	99,300	Filling area
2	-999	269,600	
3	-999	5,391,200	
4	-9999	-8,191,400	Total area
5	16.25	469,900	Very easy(0-20)
6	22.50	307,700	Easy(20-40)
7	32.50	843,400	
8	45.00	438,400	Medium(40-60)
9	55.00	100,400	
10	67.50	91,400	Difficult(60-80)
11	77.50	100,300	
12	90.00	68,700	
13	100.00	4,100	Very difficult(above 80)
14	112.50	3,800	
15	122.50	2,000	
16	135.00	1,200	

* (Excavation Index=Soil Volume×1+ Weathered Rock Volume×1.25), (Area : m²)

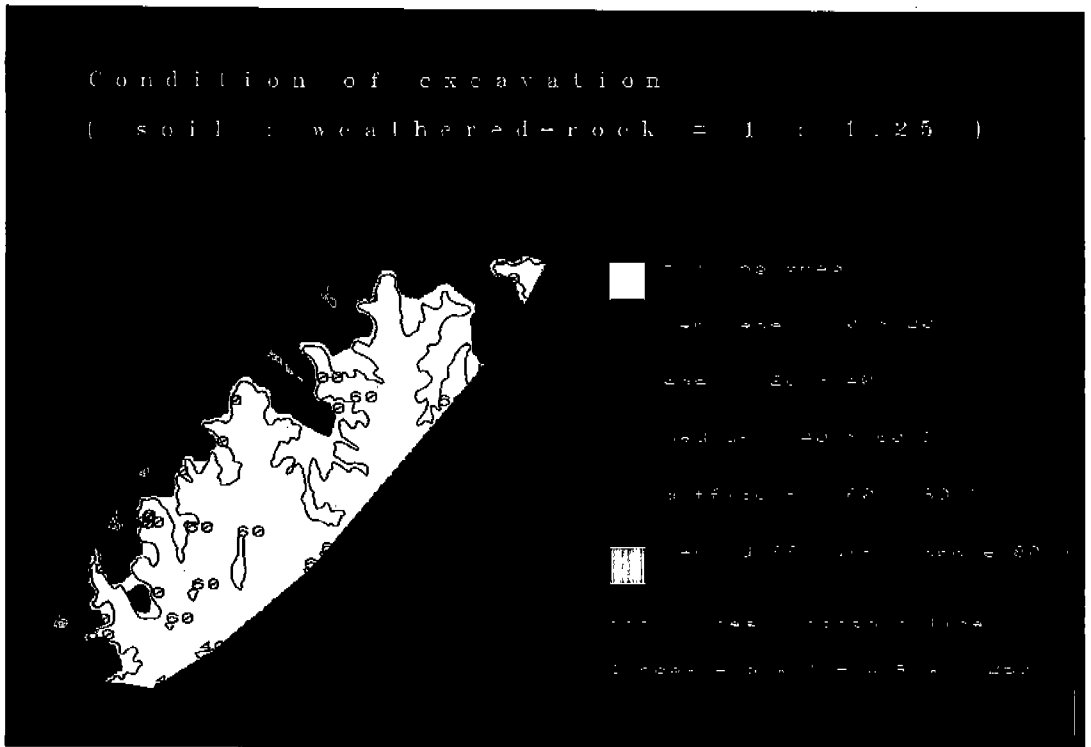


Fig.5 Condition of excavation.

(4~10m)과 풍화대로 인하여 절취는 어렵지 않으나(Medium), 부분적으로 고지대(Very difficult) 처리가 약간 문제가 된다.

결 론

토지 관리를 위한 종합 환경지질도 작성의 목적도들 중 산사태 재해 및 피해 분석도, 토공량 계산, 절취 난이도분석 등 중간 환경지질도들이 GIS 기법을 통하여 개발되었다. 이러한 중간 목적도들을 '92~'93년도 당연구그룹에서 개발된 지하수 보호 및 관리도, 지표 유출량 분석도(김윤중외, 1993)와 더불어서 환경지질연구를 위한 필수 정보들이다. 본 도면들은 초기 환경정보들이 GIS 시스템

내에서 12차 지도 모형연구를 통하여 자동 생산되며, 그들의 조합방법은 대상지역의 환경지질학적 조건에 크게 지배된다. 산사태 분석을 위한 재해 예상도와 피해 예상도는 실제로 도로 설계나 지반 침하, 자연 재해 감소등의 연구를 위하여 아주 필요한 정보들이다. 또한 토공량 계산과 절취 난이도 분석은 대규모 토목 공사시행을 위한 분석 및 설계의 필수 정보들로서, 특히 절취 난이도 분석은 절취 단가(Cost) 계산에 많은 기여가 될 것이다. 본 연구들을 기초로 당연구그룹에서는 금년('94) 후반기에 종합 환경지질도와 그의 자동 생산기술이 확립될 것이다. 본 기술의 개발은 매해 상습적인 자연재해(인명 및 재산)에 대한 방지 대책의 즉각

수립을 가능케함은 물론, 환경지질 정보학의 새로운 분야 개발에도 의의가 크다. 동시에 본 기술은 전 국토의 자연 자원 관리를 위한 국토자원 종합정보시스템 개발을 위한 기초 기술로 활용될 수 있으며, 지질공학 GIS 전문가 시스템 개발에 이용될 것이다.

참 고 문 헌

- Anderson, J.R., et al, 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data, U.S.G.S Geological Survey Professional Paper, 964.
- Bell, F.G., 1987. Ground engineer's reference book, Butterworths, pp.39/1-39/18
- Einstein, H.H., 1988. Landslide risk assessment procedure, Proceeding of the fifth international symposium on landslide, Vol.2, pp. 1075-1090.
- Hartlen, J., Viberg, L., 1988. General report: Evaluation of landslide hazard, Proceedings of the fifth international symposium on landslide, Vol.2, pp.1037-1074.
- Kim, Y.J., Kim, W.J., Yu I.H., Seo, D.J., and Yang, Y.K., 1992. Analysis of regional Geologic Hazard(Landslide) using GIS Technology, ISPRS XVII Congress, Washington, D.C., Vol.XXIX, Part B4(Commission IV), pp.675-680.
- Varnes, D.J., 1978. Slope Movement Types and Processes, Landslides Analysis and Control, Special Report 176, Transportation Research Board, Washington, D.C. pp.11-80.
- Walker Bruce, F., 1987. Soil slope instability and stabilisation, A.A.Balkema, pp.2-52.
- 건설부 표준 품셈표(토목부분), 1993. 건설부.
- 김윤중, 김원영, 유일현, 1994. 지반의 지질공학 적 특성분석을 위한 GIS활용연구, 한국 GIS학회지, Vol.2, No.1, pp.39-46.
- 김윤중, 성익환, 김원영, 유일현, 박준동, 1993. 수자원 관리와 보호를 위한 GIS활용연구, 지질공학회지, Vol.3, No.3, pp.253-266
- 김윤중, 김원영, 유일현, 1992. GIS Technology for analysing regional geologic hazard, 지질공학회지, Vol.2, No.2, pp.131-140.
- 김윤중, 김원영, 1991. Sarma방법을 이용한 암반사면 안정성분석연구, 한국지구과학회지 제12권 1호, pp.14-24.
- 김윤중, 김원영, 유일현, 박수홍, 백종학, 이현우, 1991. GIS를 이용한 광역 지질재해(산사태) 분석연구, 대한원격탐사학회, Vol.7, No.2, pp.165-178.
- 수맥도 조사보고서, 1983-1991. 농어촌진흥공사.
- 제3차 국토종합개발계획 시안, 1991. 국토개발연구원.
- 정밀토양도(청주시, 청원군 및 연기군), 1977. 농촌진흥청, 농업기술연구소.
- 지하수 조사보고서, 1970-1982. 농어촌진흥공사.
- 환경지질도 작성기법연구(I), 1992. 한국자원연구소.
- 환경지질도 작성기법연구(II), 1993. 한국자원연구소.

김윤종, 김원영, 유일현 :

한국자원연구소 지질연구부

대전시 유성구 가정동 30번지, 305-350

TEL : (042)868-3057

FAX : (042)861-9720

이사로, 민경덕 :

연세대학교 지질학과

서울특별시 서대문구 신촌동 134, 120-749

TEL : (02)361-2665

FAX : (02)392-6527