

산사태 활동성분석과 재해도 작성을 위한 GIS 응용연구

김윤종* · 유일현* · 김원영* · 이사로*

신은선** · 송무영***

(*한국자원연구소, **한진지리정보(주), ***충남대학교)

요 약 문

인간에게 엄청난 피해를 입히는 산사태의 활동성분석을 위해서는 일차적으로 항공사진으로부터 추출되는 산사태 발생지역과 규모(Landslide deposits)들에 대한 정량적인 분석접근이 필요하다. GIS기술과 등치선 작도기법(Isopleth mapping)에 의하여 연구지역내의(서천, 보령지역) 도시 및 주변 지역들에 대하여 축척 1:15,000 항공사진을 이용하여 작성된 13년 간격(1978년, 1991년)의 산사태 발생 빈도도(Landslide frequency map)는 대상지역에 대한 산사태 활동성분석은 물론 산사태에 의한 위험 평가(Hazard assessment)를 가능하게 하였다. 등치선 작도기법에 의한 산사태 발생 빈도도 작성을 위하여는 지형도와 산사태 발생지역(Landslide deposits)들의 분포도(Inventory maps)들이 필요하다. 이 분포도들은 과거에 산사태가 일어났던 장소를 보여 주며, 이들로부터 만들어진 등치선도(Isopleth map)들은 산사태 발생지역들과 규모들의 공간적인 분포를 양적으로 일반화하기 위하여 등고선의 형태로 그려지며, 산사태 발생형태와 시간적 차이에 따라서도 작성이 가능하다. 항공사진으로부터 추출된 과거 산사태 발생지역들을 분석하여 작성되는 산사태 빈도도는 주로 산사태에 의한 피해평가(Hazard assessment)의 기초적 수단으로써 사용되고 있다.

Fig.1은 금번연구의 GIS를 이용한 산사태 활동성분석에 대한 전체 연구 흐름도이며, 본연구는 국가 방재사업에 대한 대책제시, 산업입지 및 도로노선 선정 등 토지의 효과적 활용성 판단에 주목적을 두고 수행되었다. 금번에 활용된 GIS 시스템은 ARC/INFO, ERDAS이다. GIS 시스템내의 일괄적인 자료처리 과정들은 지금까지 수작업으로 진행되어진 산사태의 활동성 분석과정들을 아주 효율적

으로 수행할 수 있게 하였으며, 등치선 작도에 의하여 생성되어지는 산사태 빈도도들의 정확도를 높이는 결과를 가져왔다. 연구지역의 산사태발생에 대한 위험평가(Hazard assesement)를 하기위하여 1978년과 1991년도 13년간격의 산사태 빈도도들이 GIS 시스템내에서 중첩되어 산사태의 시간, 공간적인 활동성을 분석케 하고, 연구지역내에서 산사태발생의 아주 위험지역들을 추출케하여 산사태발생에 대한 위험구분(Hazard level)을 가능하게 하였다(Fig.2, Table 1). 높은 발생빈도율(Landslide frequency)들이 중첩되어지는 지역들에 대하여는 많은 주의를 할 필요가 있으며, 이것은 13년 간격에도 불구하고 동일지역에서 계속적인 산사태발생을 예고하는 것으로 위험의 정도가 아주 높은 지역들임을 알 수 있다. 이러한 분석을 토대로 최종적인 산사태발생 위험구분은 very low(1), low(2), dangerous(3), very dangerous(4)의 4가지 형태로 분류되었으며, 이 위험지역들이 전체 연구지역내에서 차지하는 면적은 약 33km²이다.

위에서 분석된 산사태 활동성분석과 발생 위험지역들은 실제로 자연 환경적인 조건(지형, 지질, 토양 등)들에 아주 많이 지배되며, 이러한 환경요소별 산사태발생 위험지역 분석은 산사태 예방을 위한 필수적 정보이다. 연구지역에서 산사태활동이 주로 심한 지역은 일부 화강암과 변성 퇴적암류(Gneiss and schist)지역 및 고지대의 대동계 퇴적암지역들이다. 특히 도시주변의 변성 퇴적암 지역들은 침식과 깊은 풍화대에 의하여 산사태 활동성이 아주 심하며, 산간지방의 퇴적암류들은 가파른 지형경사에 기인된 것이 주를 이루고 있다. 토양별로는 변성퇴적암 및 화강암류들의 잔류토양들에서 산사태 위험지역들이 많은 분포를 보이고 있다. 산사태 위험지역에 따른 지형경사는 20~30%가 가장 지배적이다.

또한 최종적으로 연구지역의 효율적인 국토개발을 위한 지질재해도가(Geological hazard map, Fig.3) 작성되었다. 이를 위하여 산사태 빈도도와 선구조 길이밀도도, 지질, 토양, 지표유출량, 지형경사 등이 당연구그룹의 환경지질정보시스템(EGIS)내에서 GIS 지도모형기술을 통하여 재해계수(GHI; Geological Hazard Index)를 계산한 후, 전체 연구지역에 대하여 재해 등급이 구분되었다

(Table 2). 특히 지표유출량 분석은 미국의 SCS(Soil Conservation Service) 방법을 이용하여 CN(Water curve number), S(Maximum watershed storage, mm) 값들이 계산되어 정량적으로 분석되었다. 보령지역에서 1993년(강우; 1327.5mm) 기준으로 계산된 밭의 지표유출량은 약 167mm, 산림지역은 127mm, 논은 258mm, 하상퇴적물들은 146mm, 나대지는 233mm 등으로 나타났다.

결국 GIS를 이용하여 수년간의 실제적인 관찰에 의하여 분석되는 산사태 활동성 분석과 위험 발생지역에 대한 평가기술은 앞으로 국가의 방재기술 개발에 널리 이용될 수 있을 것으로 기대되며, 특히 효과적인 국토 개발계획 및 산업입지 선정 등에 아주 실용적으로 활용될 수 있다. 또한 금번연구를 통하여 GIS는 산사태 발생 위험지역들의 예측 및 평가 기술들을 일부 자동화시켰으나, 추후 통일된 GIS 시스템내에서 항공사진 입체분석에 의한 산사태 발생지역의 자동구분과 실시간 산사태 발생 감시기술 개발 등의 종합적인 방재시스템개발과 구축이 절대적으로 필요한 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 김윤종의 1994, 환경지질도 작성을 위한 GIS 응용연구, 지질공학회지, 제4권 제3호, pp.321-331.
- 김윤종, 유일현, 1989, Isopleth mapping 기법에 의한 봉계지역의 landslide 활동성연구, 대한원격탐사학회지, 제5권, 2호, pp. - 131.
- 환경지질조사연구(보령, 서천, 합열, 부여), 1995, 한국자원연구소
- Campbell R.H., 1973, Isopleth map of landslide deposits, Point Dune quadrangle, Los Angeles Country, California : An experiment in generalizing and quantifying areal distribution of landslides, U.S. Geol. Surv. Misc. Field Investigation Map MF-535.
- Degraff J.V., 1985, Using isopleth map of landslide as a tool in timber sale

- planning. Bull. Assoc. Eng. Geol., No.22, pp.445-453.
- Degraff J.V. and Canuti P., 1988, Using isopleth mapping to evaluate landslide activity in relation to agricultural practices. Bull. Int. Asso. Eng. Geol., No.38, pp.61-71.
- Wright R.H., Campbell R.H, and Nilsen T.H., 1974, Preparation and use of Isopleth Maps of Landslide Deposits. Geology, Vol.2, pp.483-485.

Table 1. Hazard level evaluated from area covered by landslide deposits in 1978 and 1991

hazard level (FFR)	landslide frequency(%)	area(km ²)	description
1	fr78=2 and fr91=2	28.98	very low
2	fr78=3 and fr91=2	3.18	low
3	fr78=4 and fr91=2	0.28	dangerous
4	fr78=2 and fr91=3	1.42	very dangerous
total		33.86	

* fr78: landslide frequency in 1978, fr91: landslide frequency in 1991.

Table 2. GIS data layers for geological hazard analysis(landslide)

(A) Geological Hazard index (GHI)

No.	data layer	rating system
1	Geology	1 - 5
2	Soil	1 - 4
3	Landslide frequency	1 - 5
4	Lineament length density	1 - 10
5	Topographic slope	1 - 13
6	Runoff potential ratio	1 - 3

* Geological Hazard Index (GHI) = Gr + Sr + Lfr + Lir + Slr + Rr

Gr : geology 의 등급구분

Sr : soil "

Lfr : landslide frequency "

Lir : lineament length density "

Slr : slope "

Rr : runoff potential ratio "

(B) GHI and cumulated area(km²)

Hazard Index	Area (km ²)	Area (%)	Cumulated area(%)	Hazard Index	Area (km ²)	Area (%)	Cumulated area(%)
5	0.262	0.046	0.046	18	37.161	6.615	75.378
6	0.456	0.080	0.126	19	38.948	6.932	82.311
7	3.308	0.587	0.713	20	32.758	5.830	88.142
8	16.812	2.992	3.706	21	24.655	4.388	92.530
9	34.824	6.199	9.906	22	18.941	3.372	95.902
10	51.385	9.147	19.053	23	11.969	2.129	98.032
11	52.013	9.259	28.313	24	6.925	1.232	99.264
12	50.061	8.912	37.226	25	2.759	0.489	99.753
13	40.922	7.285	44.511	26	1.023	0.181	99.935
14	34.207	6.089	50.600	27	0.311	0.055	99.990
15	33.436	5.951	56.552	28	0.043	0.007	99.998
16	33.581	5.978	62.531	29	0.011	0.001	100.000
17	35.005	6.231	68.762	Total		561.673 km ²	

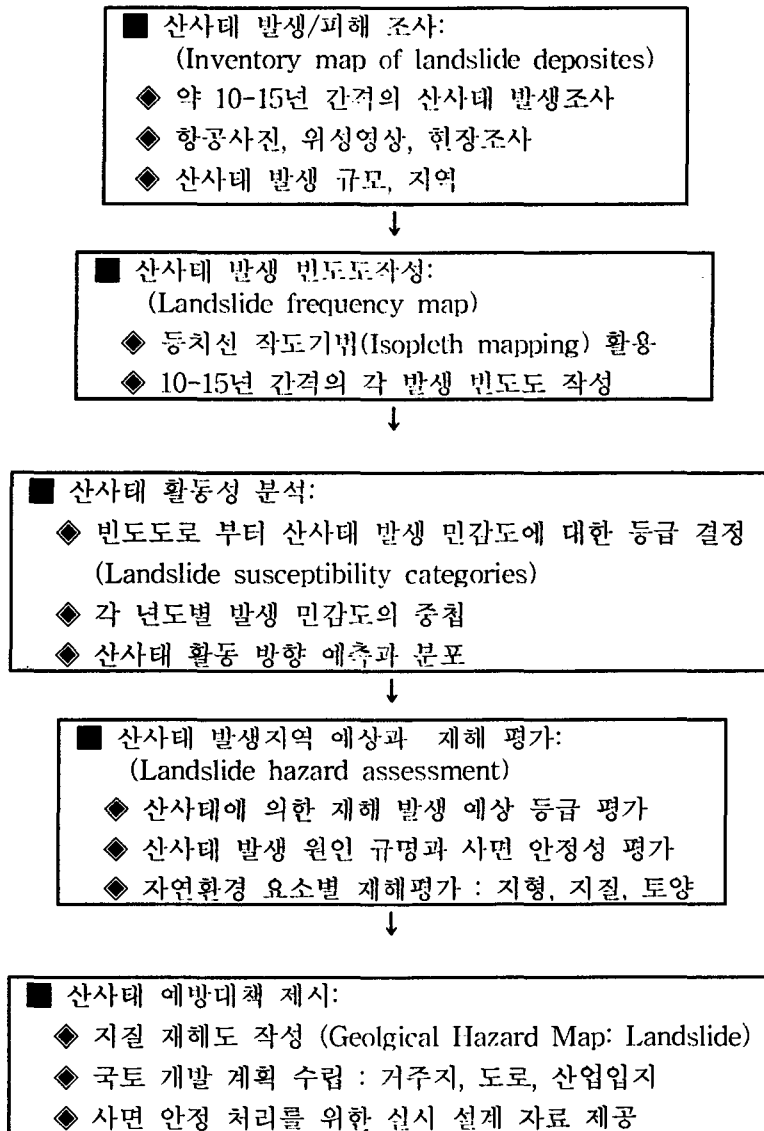
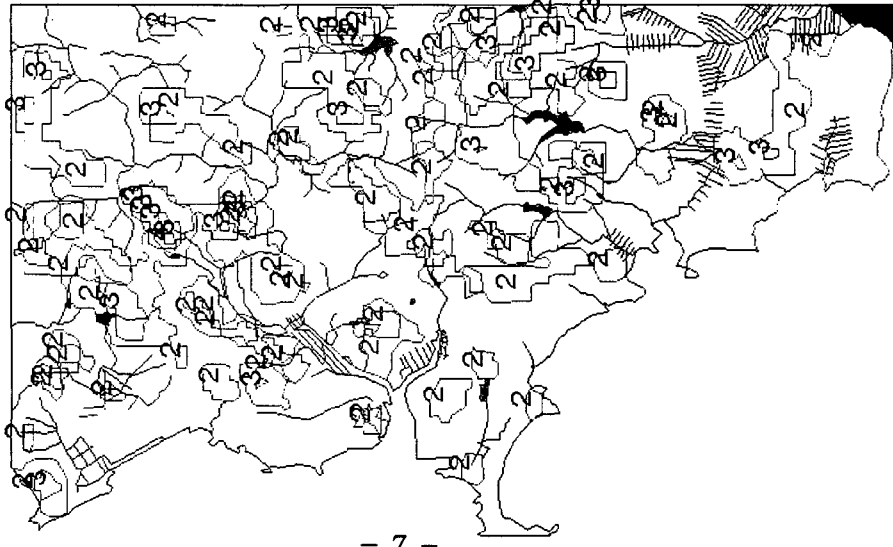


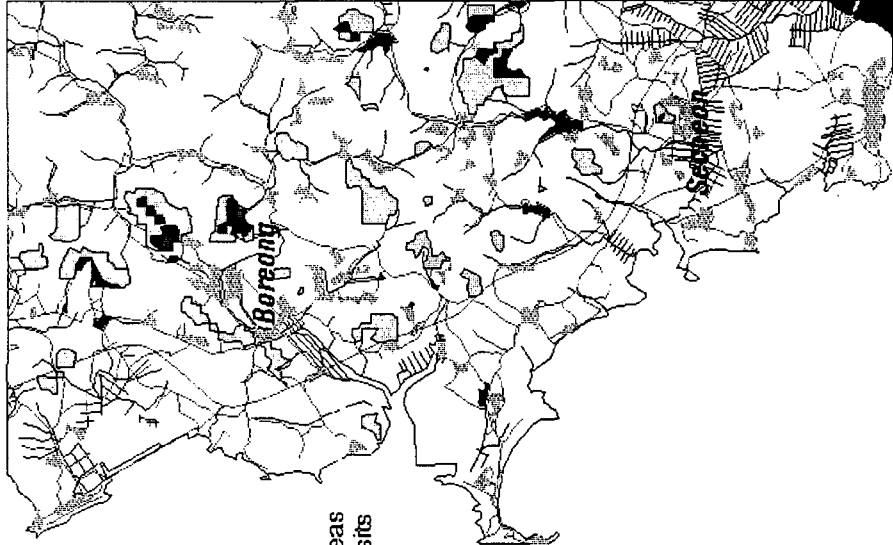
Fig.1 산사태 활동성분석을 위한 GIS 응용연구

Landslide Hazard Assessment

(A) Isopleth maps of earthflow activity in 1978 and 1991



(B) Hazard areas evaluated from isopleth maps

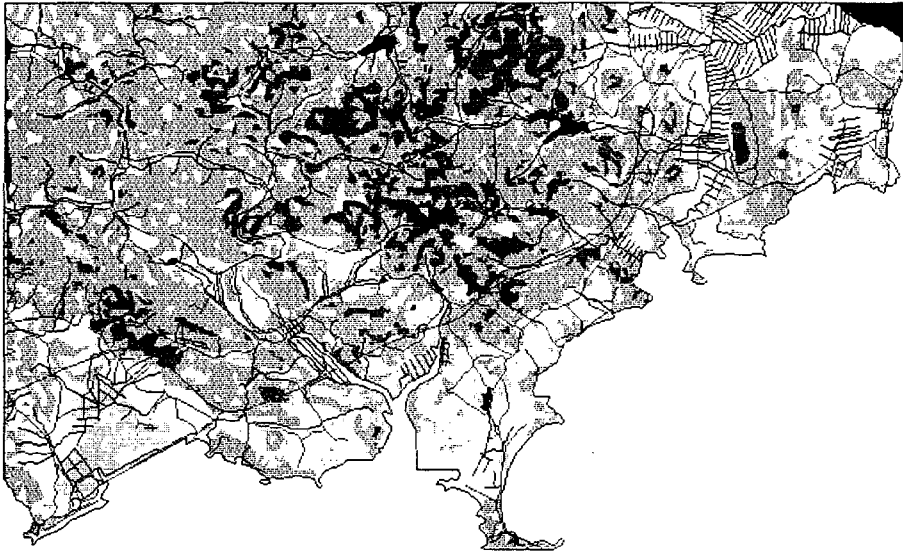


- Hazard level**
- ☐ very low(1)
 - ▒ low(2)
 - ▓ dangerous(3)
 - very dangerous(4)
- ▨ residential area
- ▭ road
- ▬ water








▭ Isopleth map in 1978
 ▭ Isopleth map in 1991
 Numbers(frequency) are areas covered by landslide deposits in percent(%).

Fig.2 Landslide hazard assessment

Geological Hazard Map (Landslide)



Geological hazard susceptibility categories (GHI)

-  Very low (0 - 8)
-  Low (8 - 12)
-  Moderate (12 - 20)
-  High (20 - 23)
-  Very high (above 23)
-  Water
-  Road

GHI (Geological Hazard Index) =

$$Gr + Sr + Lfr + Lir + Slr + Rr$$

- Gr = geology
- Sr = soil
- Lfr = landslide frequency
- Lir = Lineament length density
- Slr = slope
- Rr = runoff potential ratio

Fig.3 Geological hazard map