

## GIS를 이용한 도로 사면의 위험성 분석

### A Risk Analysis of Road Slopes Using GIS

김 용 성\*

Kim, Yong-Seong

#### Abstract

A risk analysis on the cutting slope of roads near Cheongju area was carried out with the data from geological map, field investigation, and laboratory test and with the Geographic Information System. A risk analysis method on the cutting slope of road using the Geographic Information System was developed with the data from geological map, field investigation and laboratory tests. In the GIS, road factors which are safety factor, class of road, slake index, slope-protection works, and height of slope in the cutting slopes are classified into some ranks, and their weighting factors were taken into account. This method can be applied effectively to a road management.

*Keywords* : Geographic Information System, Slope stability, road management, weighting factor

#### I. 서 론

현재 우리나라는 전 국토의 약 60% 이상이 산 지이고, 연평균 강우량이 1,200~1,400 mm로서 비교적 많으며, 이 중 대부분이 7~8월에 집중적으로 내리기 때문에 매년 많은 산사태와 사면붕괴 등의 자연재해를 받고 있다. 또한 최근에는 경제발전 에 따르는 산지의 대규모개발 및 도로, 공장부지, 주거단지 확보 등을 위해 대절취 사면이 많아지게 되고 사면재해도 역시 증가추세에 있다.

이와 같은 현실 속에서 자연재해의 피해를 예방 또는 극소화하기 위하여 사면상의 붕괴위험성의 유 무, 또는 위험성의 정도를 효과적으로 판정할 수 있는 방법과 사면의 안정이 지속될 수 있도록 하는 사면 유지관리시스템이 절실히 요구되고 있는 실정 이다.

최근 이러한 요구에 부응하여 GIS를 이용한 광 역적인 산사태 예방을 위한 연구가 주목을 받기 시 작하고 있고(Gokceoglu & Aksoy, 1996; Luzi *et al.*, 1996; Chung & Fabbri, 1999; Guzzetti *et al.*, 1999), 국내에서도 GIS를 이용한 다양한 연구 들이 시도되고 있으며, 철도연변 낙석, 산사태 예방 (Lee *et al.*, 2000), 토석류 발생위험도 분석(Kim *et al.*, 2002), 무한사면 안정성 해석(Lee *et al.*,

\* 한국수자원공사 수자원연구원  
\* Corresponding author. Tel.: +82-42-860-0593  
Fax: +82-42-860-0592  
E-mail address: nakisuna@kowaco.or.kr

2003) 등 산사태 예방 및 사면안정성 문제 등에 관한 관심이 계속적으로 증가되고 있어 그나마 다행한 일이라 할 수 있다.

그러나 이러한 연구들은 GIS라는 기법을 이용한 광역적 분석에 국한되어 실질적으로 사용자가 공학적으로 이용하는 데에는 현장에서의 정밀조사가 필수적이라는 한계를 남겨두었던 것이 사실이다.

본 연구에서는 이러한 과제 해결의 또 다른 차원의 시도로서 많은 양의 공간정보를 분석하고 관리하는데 효과적인 수치 정보시스템인 GIS(Geographic Information System)를 이용하여 충청북도 청주 지역(36°30'~36°45', 127°15'~127°30')에 대하여 사면의 붕괴위험성을 조사하였으며, 사면 현황을 등고선도와 도로망도로부터 추출하고 현장에서의 정밀조사와 암석 및 토질실험을 통해 토질정수를 산출한 후, 평사투영법 및 한계평형법으로 사면안정성을 판정하였다. 또한 환경지질적인 요인들과의 관계를 GIS를 이용하여 효율적으로 분석하고 총체적인 사면의 붕괴위험분석과 관리방안을 제시함으로써 자연재해예방은 물론 지역개발계획에 필요한 정보를 제공하고자 하였다.

## II. 지리정보시스템의 데이터베이스

본 연구에서는 광역적 사면의 현황을 분석하기 위해 등고선도와 도로망도를 중첩하여 등고선의 조

밀지역과 도로망도가 근접하는 경계점을 찾아 조사 사면 위치도를 작성하였다. 이 방법은 사면의 위치를 실내에서 찾을 수 있으므로 예비조사를 수행할 노선을 선정할 수 있으며 지질도와 토양도 등을 중첩하여 예비조사 전에 사면의 기본정보를 기대할 수 있다.

또한 사면의 붕괴발생 및 피해지역 예측을 위하여 지도모형 연구에 적용가능하고 비교적 자료가 정확한 요인인 지형 경사와 방위, 암질, 토질, 식생, 토지이용 등을 추출하여 분석하였다 (Table 1).

먼저 지형 경사를 정밀토양도의 배수기준과 분포 면적을 고려하여 경사를 0~2, 3~7, 8~15, 16~30, 31~60, 61~100 및 100(%) 이상으로 분류하고 여기에 1~7까지 등급을 주어 구분하였다. 이러한 구분은 넓은 지역의 사면 경사 분석을 위한 일반적 분류로서, 지질재해 분석을 위하여 많이 활용되고 있다 (Yu *et al.*, 1990).

사면방위에 따른 지질재해 발생빈도 통계조사에 의하면 사면방위가 남향인 곳에서 지질재해 발생빈도가 가장 크다(Blong & Dunkerley, 1976: Soil Stability Material Committee, 1990). 이것은 사면방위에 따른 일조시간의 차이의 영향으로 남쪽방향의 사면들의 풍화정도가 다른 방위의 사면보다 크기 때문인 것으로 사료된다 (Kim *et al.*, 1993). 이와 같은 연구결과를 토대로 사면방위의 등급구분을 5가지로 분류된 사면방위에 1에서 5까지의 등

Table 1 Rating of slope, lithology, soil texture and vegetation

Rating	Slope (%)	Aspect	Lithology	Soil texture	Vegetation
1	0~2	Flat area	alluviums	GP	Water, residential area
2	3~7	NW, North	Granite	SP	Heavy vegetation
3	8~15	NE, SW, West	Gneiss	SM	Light vegetation
4	16~30	SE, East	Schist	SC	Grass
5	31~60	South	-	ML	No vegetation
6	61~100	-	-	-	-
7	>100	-	-	-	-

급이 주어졌다.

연구지역의 암질은 화강암, 편마암, 편암, 충적층이며, 이들의 강도와 풍화정도에 따라 화강암은 등급을 낮게, 편암은 등급을 높게 주었다. 화강암 지역은 암질의 강도가 높아 사면붕괴가 일어날 확률이 적어등급을 낮게 주었고, 다음에 편마암과 편암의 순으로 등급을 주었다. 충적층은 사면붕괴가 일어날 확률이 높아 등급을 높게 주어야 하나, 본 연구지역에서 그의 분포지역이 경사 5% 미만지역으로 국한되어 사면붕괴 위험이 거의 없으므로 등급을 낮게 주었다.

정밀도양도의 분류를 통일분류법에 맞추어 재분류 한 후, 토양의 실트와 점토의 함량, 투수계수, 기타 물리적 성질등과 토양의 공학적 특성을 고려하여 산사태에 미치는 순서로 등급을 주었다 (Kim et al., 1991).

식생은 밀도에 따라 5가지로 분류하였으며, 밀도가 높으면 지면에 대한 강우의 충격이 완화되고, 많은 뿌리는 토양의 전단강도를 증가시킨다. 본 연구에서는 농경지를 초목(grass)지역, 나대지를 식생이 없는 지역(no vegetation)으로 분류하였다.

본 연구에서는 ARC/INFO 시스템을 이용하였으며 새로 생성되는 도면의 속성표에 중첩되어지는 모든 도면들의 속성자료들을 계속 유지함으로써 사면붕괴 예상지수를 산출할 수 있다. 여러 환경요인들 중에서 사면붕괴 발생예상도 작성을 위해 사면경사와 사면 방위, 암질, 토질, 식생 및 안전율을 각각의 자료층들을 합쳐서 하나의 자료층으로 만드는 기법으로 중첩시켰다.

### III. 사면의 현장조사 및 실험

#### 1. 정량적 사면의 안정성 평가

청주지역의 도로 사면중에서 정밀 조사해야 할 대상지를 결정하기 위하여 도로사면을 정량적 사면평가표에 의해 1차적으로 조사하였다. 1차 조사는

고속도로와 비포장도로를 제외한 2차선 지방도이상의 도로를 대상으로 하여 청주도곡 전역의 도로를 조사하였다. 사면의 붕괴가능성에 대한 정량적 위험도 판단기준은 한국도로공사에서 제시한 사면평가방법을 이용하였으며 Table 2에서 보는 바와 같다.

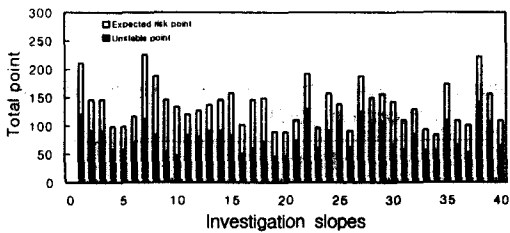
Table 2의 사면 평가표에 의하여 조사된 각 사면들의 점수를 a)항부터 o)항까지 합산하여 불안정 점수를 산출하고 여기에 예상피해점수를 합산하여 종합점수가 정해지면 이 점수들을 Table 3에 따라 이용하는 것이다 (Korea Highway Corporation, 1992).

Table 2 Evaluation chart of slope (Korea Highway Corporation, 1992)

Factor	Point
a) Slope height (H)	unlimited
b) Slope inclination	20
c) Inclination angle of upper part of slope	15
d) In case retaining wall	unlimited
e) Forest land	15
f) Shape of cross section	10
g) Slope condition	10
h) Mixed condition with slope and retaining wall	10
l) Agreement joint with slope direction	5
j) Geology	15
k) Drainage way of ground water about slope	15
l) When water exist the part of slope	5
m) Drainage way	10
n) Water movement faculty	5
o) Water condition (cutting slope)	15
p) Distance of building, road and playground from lower part of slope	unlimited
q) Condition of upper and lower part of slope	20
r) Expected damage of building	2
s) Dangerous risk factor	1.25

**Table 3 Using plan of slope evaluation (Korea Highway Corporation, 1992)**

Classification	Using plan
Unstable point	> 150 : Slope failure risk is very high.
	> 100 : Slope failure risk is high.
	< 100 : Slope failure risk is low.
Total point	> 300 : Counterplan was first claim.
	> 200 : Counterplan was second claim.
	< 200 : Regularly slope management.



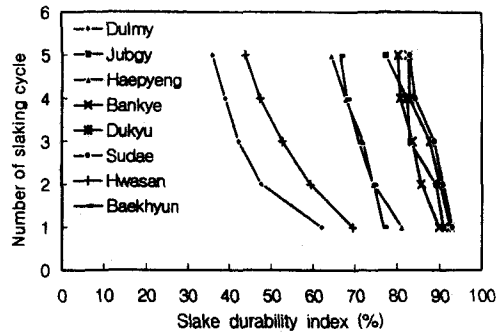
**Fig. 1 Total point distribution of investigated slopes**

이 방법은 사면 안전성의 정확한 예측은 어려우나 많은 사면에 대하여 빠른 시간 내에 정밀 조사할 대상 사면을 결정하는데 이용하는 것은 무리가 없을 것으로 생각된다. 1차 조사결과 Fig. 1에서 보는바와 같이 100점 이상으로서 불안정하게 판정된 10개 사면에 대하여 정밀조사를 실시하였다.

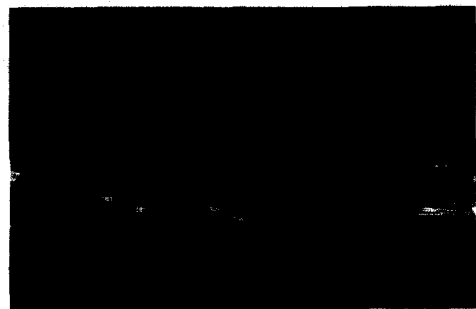
**2. 슬레이크 내구성시험**

슬레이크 내구성시험(slake-durability test)은 기후적 침수와 건조에 의한 풍화를 예측할 수 있는 시험법으로 투수성과 공극률, 암석에 유입된 유체의 활동, 붕괴력(disruptive force)에 저항하는 암석의 능력 등에 의존한다

시험은 10개의 암석덩어리(건조무게 : 각 40~60 g, 전체시료무게 : 450~550 g)를 test drum 속에 넣고 수조속에 수침시킨 다음 motor drive를 이용하여 약 10분간 20 rpm의 속도(총 200 rpm)로 회전을 시킨다. 그 후에 시료가 들어있는 test



**Fig. 2 Slake durability index (5 cycle)**



**Photo 1 Slake durability test apparatus**

drum을 꺼내어 건조로에 넣어 건조시켜서 시험후에 잔류한 시료중량을 측정하면 내구성 지수(slake durability index, Id)는 다음과 같이 계산되며, 일반적으로 두번째 slaking cycle 후의 지수, 즉 Id<sub>2</sub>를 많이 채택하고 있다 (Kim, 1988).

$$Id_2 = \frac{\text{시험후의 잔류시료건조중량}}{\text{초기의 건조중량}} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (1)$$

Fig. 2는 8개 시료에 대한 slake 내구성시험 결과이다. 건습반복시험, 회수는 5회까지 실시하였다.

높은 Id<sub>2</sub>를 갖는 접지, 반계, 덕유, 수대 시료는 시험이 반복되면서 거의 비슷한 정도의 중량감소를 보이는 반면 낮은 Id<sub>2</sub>를 갖는 달미, 화산 시료는 시험의 반복횟수가 증가함에 따라 중량감소율이 떨어지고 있다.

Table 4에서 보는바와 같이 본 실험에서는 대체

Table 4 Results of slake durability test

Cycle	Deolmi	Jeopji	Haepyeong	Bankye	Deokyu	Sudae	Hwasan	Baekhyeon
Id <sub>1</sub> (%)	62.05	90.81	81.01	89.84	92.50	92.94	69.40	76.72
Id <sub>2</sub> (%)	47.65	89.12	74.3	85.6	90.07	90.81	59.38	74.42
Slake durability	Low	Medium high	Medium	Medium high	Medium high	Medium high	Low	Medium

적으로 슬레이크 메커니즘 중 점토광물이 존재할 때 일어나는 흡수팽창에 의한 슬레이크 작용이 덜미·화산 사면에서 뚜렷함을 알 수 있었으며 따라서 장기적인 사면의 안정을 도모하기 위하여 덜미·화산 사면에서는 사면보호공법의 적용을 필히 고려해야 할 것으로 판단된다.

#### IV. 사면의 위험성 분석

##### 1. 원호 활동을 고려한 최소안전률

토사 및 풍화암에 대한 안정성 검토는 Bishop방법으로 해석하였고, program은 국내에서 많이 이용되고 있는 SLOPE/W를 이용하였으며, 토질정수는 실내실험 및 현장시험을 통해 결정되었고, 지하수위 조건을 자연상태 및 강우로 인하여 지반이 포화되었을 때로 구분하여 해석하였다.

사면의 안정 계산에 있어서 모든 면상 전역에 걸쳐서 동시에 피크강도가 발휘되는 것으로 가정하고 있으나 실제로는 이 조건에 만족하지 않는 것으로 알려져 있다. 토괴중에 균열 등의 결함이 있으면 우선, 이 부분에 응력이 집중하여 변형도 커지므로 이미 피크 강도를 거쳐서 흙의 저항은 감소된 형태가 된다. 이 상태가 결함의 인접부에서 다시 그 인접부에도 시간을 들여 이동하면 미끄럼 면을 형성하는 과정이 진행성파괴이다.

한편 균열이 많은 점성토에서는 미끄럼면 전체가 잔류강도에 이르러 붕괴되는 경우가 있으므로 이러한 사면의 안정해석은 피크강도가 아니라 잔류강도를 사용해야 한다 (Soil Stability Material Com-

Table 5 Analysis results of limit equilibrium method.

Point	Slope (deg.)	Fs		Safety
		Natural	Saturated	
Koso	45~68	1.046	0.620	Unstable
Deolmy	45	1.115	0.616	Unstable
Jeopji	45	1.063	0.494	Unstable
Haepyeong	45	0.993	0.143	Unstable
Bankye	63	1.311	0.525	Unstable
Deokyu	45	1.030	0.141	Unstable
Sudae	60	1.037	0.531	Unstable
Hwasan	45~60	1.180	0.437	Unstable
Baekhyeon	45~60	1.249	0.492	Unstable

\* Standard safety factor Fs=1.5(Natural), 1.2(Saturated)

mittee, 1990).

본 해석에서는 전단시험에서 얻어진 잔류강도(residual strength) 값을 적용하였으며, 원호활동에 대한 해석결과는 Table 5와 같다.

##### 2. 불연속면의 평사투영해석

현장에서 정밀조사시 덕유, 반계, 화산 사면내에 인장균열이 형성되어 인장절리가 발달하고 있고, 절취면 방향과 불연속면의 방향이 동일하며, 측면절리가 발달하여 암반이 모암과 분리되어 붕괴의 위험이 예측되었다. 이들 사면에 대해 평사투영해석한 결과 절취면 방향과 불연속면(주절리)의 방향이 동일한 방향으로 발달하고 내부마찰각보다 사면이 불안정하며 주절리가 Daylight envelope 안에

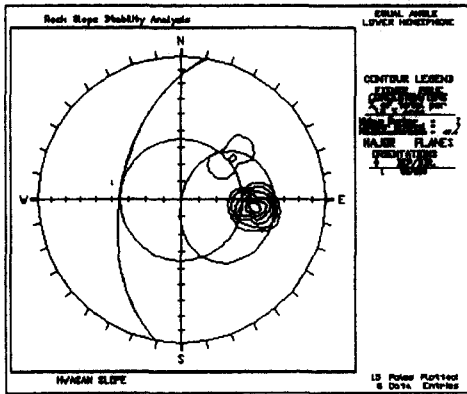


Fig. 3 Analysis results of Hwasan slope

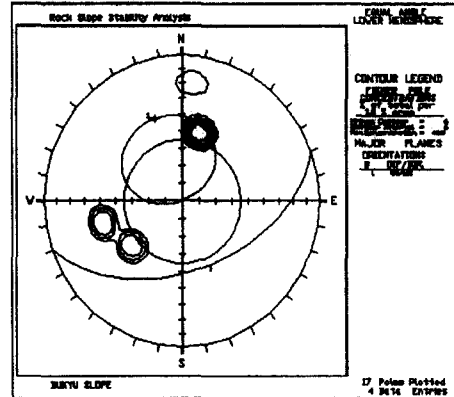


Fig. 5 Analysis results of Dukyu slope

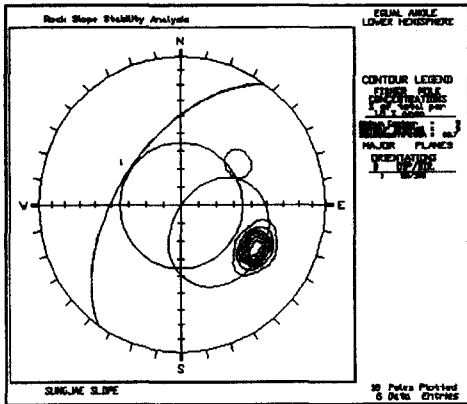


Fig. 4 Analysis results of Seongjae slope

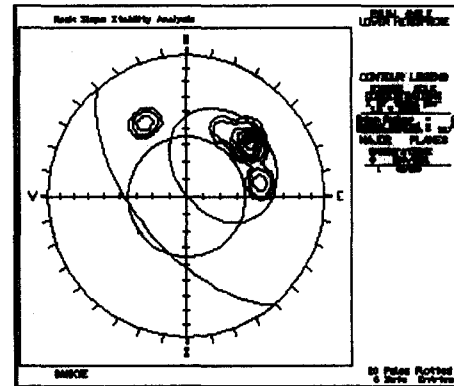


Fig. 6 Analysis results of Bankye slope

Table 6 Rating of analysis factor

Rating	Road	Slake index	Reinforcement	Slope height	Safety factor
1	Local road	> 98	Prevention net & prevention fence	≤ 10m	≥ 1.5
2	National road (< 4 lane)	96~98	Prevention net or prevention fence	≤ 20m	≥ 1.2
3	National road (≥ 4 lane)	86~95	None	≤ 30m	≥ 1.0
4	Expressway	61~85	-	≤ 40m	< 1.0
5	-	30~60	-	> 40m	-
6	-	< 30	-	-	-

위치하여 평면과곡 가능성이 높은 것으로 나타났다 (Fig. 3~6 참조).

## V. GIS를 이용한 사면의 관리기법

### 1. 사면붕괴 발생예상도 작성

본 연구를 위하여 작성된 지형, 암질, 토질에 대한 초기 자료층들은 그들 각각에 대하여 스캐닝을 실시하여 수치화 시킨 후, 이 래스터 영상을 CADCORE 프로그램을 써서 반자동 벡터라이징 (vectorizing)을 실시하였다. 이 벡터방식의 파일을 ARC/INFO 커버리지로 변환한 후, 위상관계를 형성시켰으며 모든자료들을 기본도 위의 지리좌표계에 일치시키고 TM(Transverse Mercator Projection)도법에 등록시키는 투영과 변환 작업을 수행하였다. 마지막으로 각 자료층에 대한 높이, 토양 분류, 암질 등의 속성값들이 입력되어 데이터베이스를 구축시킨 후 환경지질 및 지반공학적인 분석을 기초로 하여 등급을 정한 후 사면안정에 미치는 중요도에 따른 가중치를 부여하였다.

지리정보시스템을 이용한 사면의 위험성 분석과 도로의 피해분석 연구에 있어 분석요소는 사면의 안전율과 도로의 종류, 낙석방지 시설의 유무, 사면의 높이, 풍화의 진행정도 등 5가지를 채택하였다. 이들 분석요소에 적절한 등급이 현장 조사와 지반공학적인 분석을 통해 데이터베이스 내에 속성정보로 입력하였다.

사면의 안전율, 풍화의 진행정도, 사면의 높이 등의 요소는 사면의 붕괴와 관련된 요소이며, 도로의 종류, 낙석방지 시설 등은 도로의 피해발생과 관련된 요소로서 도로피해지수를 작성하는데 이용되었다.

도로는 교통량과 주행속도 등을 고려하여 고속도로, 4차선 이상의 국도, 4차선 미만의 국도, 지방도 등의 4등급으로 분류하였다. 고속도로 혹은 교통량이 많은 국도 등은 단 1회의 붕괴에 대하여 많은 피해가 발생할 수 있으므로 높은 등급을 적용하였다.

슬레이크 내구성지수는  $Id_2$ 를 기준으로 하여 매우 높음(>98), 높음(96~98), 약간 높음(86~95), 보통(61~85), 낮음(30~60), 매우 낮음(<30) 등 6등급으로 분류하였다.

소규모 사면붕괴시 낙하하는 암석을 효과적으로 방지할 수 있는 낙석방지망과 낙석방지책 등은 도로의 피해를 최소한 예방할 수 있는 구조물이며 이러한 구조물의 유무에 따라서 도로의 피해발생 여부는 다소 경감될 수 있다. 따라서 낙석방지망과 낙석방지책 중에서 두 가지 모두 설치된 경우와 한 가지만 설치된 경우, 그리고 낙석방지 시설이 없는 경우로 나누어 3등급으로 구분하였다.

일반적으로 사면의 높이가 높을수록 사면의 안정에 미치는 영향이 크므로 사면높이에 따른 분류는 5등급으로 구분하였다. 본 연구에서는 40 m 이상 되는 사면이 많지 않았기 때문에 40 m를 최고등급의 경계점으로 삼았다.

사면의 안정여부를 판별하는 절대적요인은 안전율로서 사면의 안정성 판정시 안전율 기준을 1.0으로 사면의 안정과 불안정을 구분하나, 실제 안전설계를 위한 사면안전율 기준은 1.5(자연시), 1.2(포화시)를 기준으로 하는 것이 일반적이므로 사면의 안전율에 대한 등급구분은 4등급으로 구분하였다.

지반공학적인 여러 요인들 중에서 도로피해도 작성을 위해 도로의 종류, 슬레이크 내구성 지수, 낙석방지 시설, 사면의 높이, 사면의 안전율 등 각각의 자료층들을 합쳐서 하나의 자료층으로 만드는 기법으로 중첩시켰으며 도로피해발생 예상지수는 3등급으로 구분하여 도로피해 위험도를 작성하였다. Table 7은 도로의 피해분석을 위한 등급과 가중치를 구분한 것이다.

도로의 피해분석을 위한 등급과 가중치는 도로피해에 미치는 영향을 고려하여 사면의 안전율, 낙석방지 시설, 사면의 높이, 도로의 종류, 슬레이크 내구성지수의 순으로 가중치를 적용하였으며, 이 분석에서 채택된 등급과 가중치는 향후 많은 자료와 검토에 의한 보완이 필요하다. 또한, 사면의 위험성

Table 7 Rating and extra-weight of road risk map

Factor	Rating	Extra-weight
Road	1~4	3
Slake index	1~6	2
Reinforcement	1~3	4
Slope height	1~5	3
Safety factor	1~4	5

분석과 도로의 피해도 분석을 위한 객관적인 분석 요소 및 가중치가 설정될 수 있도록 하기 위한 다양한 토론과 다각적인 관심이 요구된다.

## 2. 붕괴위험사면의 특성분석

청주지역의 도로사면 40개소를 안전율에 따라 4개 등급으로 구분하여 도로망도 위에 중첩시켜 사

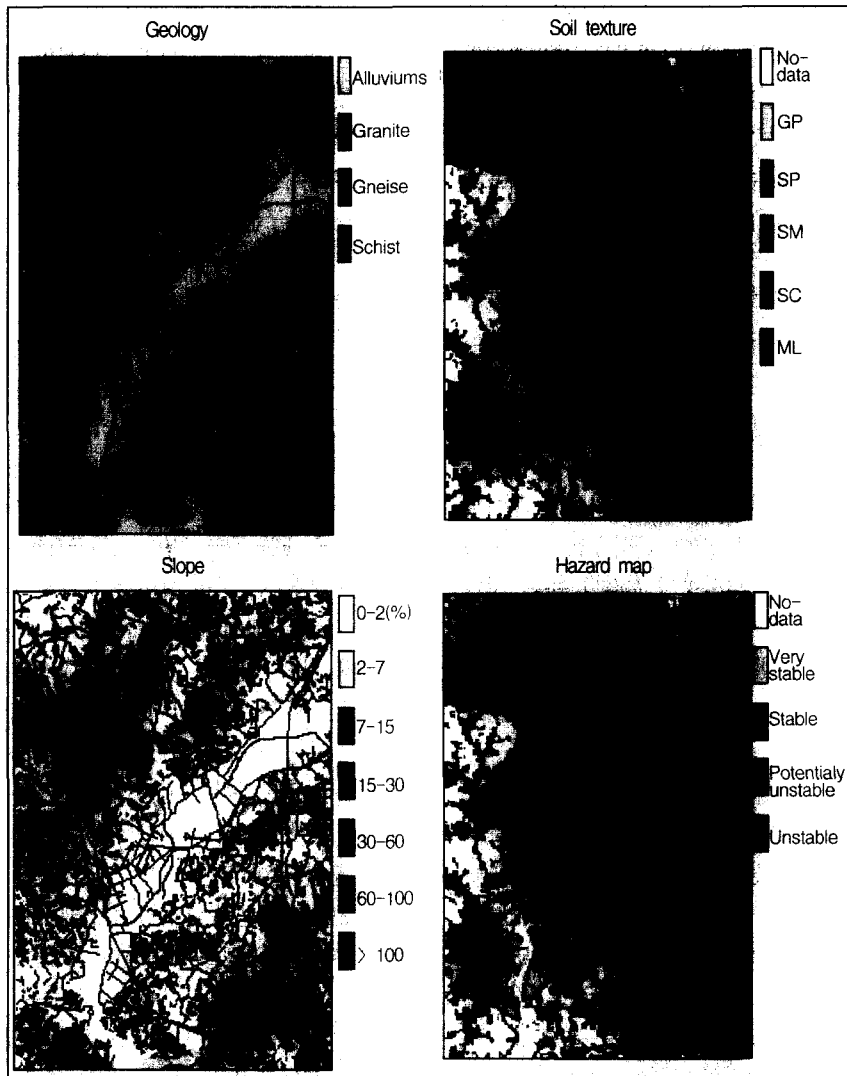


Fig. 7 Hazard map for road slope



면위험도를 작성하고 지형경사도, 암질도, 토양도, 산사태위험도등 각 요소와 비교·분석하였다 (Fig. 7). 사면의 위험분포가 많은 지역은 청주 도폭 (1:50,000)상에서 북서부 지역이었고 대부분 2차 선 지방도였으며, 주로 오창면, 옥산면 일원으로서 이 지역의 사면들은 지질적으로 선캠브리아기의 흑운모편마암 계통이고 구성광물은 석영, 정장석, 미사장석, 사장석, 흑운모가 주성분을 이루고 있다. 조사지의 북부지역에서 호상흑운모편마암의 엽리는 대체로 N30°~50°E의 주향과 50~70°NW의 경사를 나타내다가 오창면 화산리 지역의 화강암 인접 지역에서는 경사가 남동쪽으로 향하고 있어 복잡한 양상을 띤다. 위험사면은 지형경사가 급한 산악지역보다는 산지와 평지의 경계부근이 대부분이었으며 사면의 경사는 풍화토의 경우 45°~68°이고 암반사면의 경우는 50°~60°였으며 토질은 SP와 SM이 주류를 이루고 있다 (Korea Institute of Energy and Resources, 1974).

산사태와 다소 연관이 있는 사면은 40개 사면 중에서 10개 사면에 불과하므로 재해위험에 따른 방재대책의 수립 시에는 산사태 및 사면붕괴의 각 특성을 고려하여 적절한 양면적인 대안을 강구해야 할 것으로 생각된다. 특히 도로나 주택단지 등의 사면의 안정성을 판정할 경우에는 광역적 산사태 위험성 분석 기법을 적용하는 것은 옳바르지 못하며, 반드시 현장에서 정밀조사를 실시하고 이에 근거한 판정을 내려야 한다.

### 3. 사면 관리기법

본 연구에서는 사면의 안전율과 낙석방지책의 유무, 사면보호공의 유무, 풍화의 진행정도는 각각 현장의 조사를 통해 데이터베이스 내에 속성정보로 입력하여 사면정보시스템을 구축하였다. 사면의 안전율 및 풍화 등의 요소는 사면의 붕괴를 예측하는데 이용되었으며, 낙석방지책, 사면보호공 등은 도로의 피해발생 지수를 작성하는데 이용되었다. 소

규모 사면붕괴 시 낙하하는 암석을 효과적으로 방지할 수 있는 사면보호공과 낙석방지책 등은 도로의 피해를 최소화한 예방할 수 있는 구조물이며 이러한 구조물의 유무에 따라서 도로의 피해발생 여부는 다소 경감될 수 있다. 또한 도로의 종류에 따라서 고속도로 혹은 교통량이 많은 국도 등은 단 1회의 붕괴에 대하여 많은 피해가 발생할 수 있으므로 가중치를 높게 적용하였다. 도로 피해발생 위험도 작성 결과, 화산, 반계, 백현, 덜미, 접지, 해평, 성재, 덕유사면에서 도로 피해발생 지수가 높게 나타나 사면관리에 우선순위를 부여하도록 나타났다 (Fig. 8).

도로사면의 유지관리의 실시에 있어서는 지형, 지질, 강우, 강설 등 환경지질학적인 인자와 현재의 사면 안전율, 낙석방지책 등의 사면보호공 여부, 풍화의 진행정도 등의 공간 및 속성정보들의 중첩 등

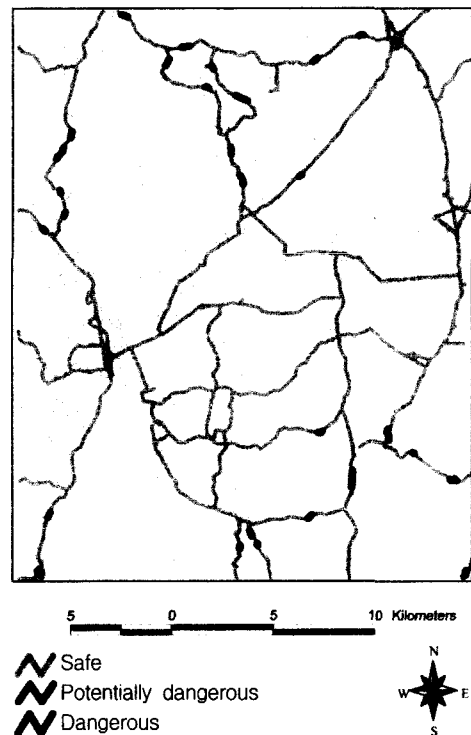


Fig. 8 Risk map for road slope

을 통하여 사면관리의 우선순위를 정하고, 이를 이용한 주기적인 사면의 점검을 통해 효과적으로 사면을 관리할 수 있다.

이와 같이 현장조사를 근거로 한 지반정보들과 지형, 지질, 지하수위, 시추자료 등 환경지질학적인 자료들을 입력하여 데이터베이스를 구축한 후 사면의 위험성과 산사태 위험성을 동시에 분석할 수 있는 지리정보시스템은 풍화와 집중강우 등과 같은 여러 위험요인으로부터 광범위한 지역의 많은 사면의 안전을 도모하는 적절한 대안을 강구하는데 효과적으로 이용될 수 있다. 한편 구축된 데이터베이스는 재해예방에 대한 이용 외에도 도로노선의 설계 및 시설물의 유지관리, 선형변경, 교통시스템 등에 도로와 관련된 종합 정보체 역할이 가능하다.

## VI. 결 론

본 연구에서는 기존의 환경지질자료와 정밀조사에서 추출한 지반자료를 지리정보시스템을 이용하여 데이터베이스를 구축하고 청주지역에 대한 사면붕괴 가능성과 도로피해가능성에 대한 분석연구를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 청주지역의 도로사면 40개소를 정량적 사면의 안정성 평가방법으로 조사한 결과, 사면붕괴가 예상되는 지역은 10개소로 나타났으며, 붕괴위험사면 10개소 가운데 암반사면을 제외한 9개소에 대하여 원호활동에 대한 안정성 분석을 실시한 결과, 모두 기준안전율 1.5(자연시), 1.2(포화시) 보다 크게 낮아서 붕괴될 가능성이 높은 것으로 나타났다.

2. 지리정보시스템을 이용하여 사면붕괴 위험성 분석을 실시한 결과, 596번 지방도의 옥산면 접지 고개 부근, 오창면 화산리, 백현리, 장남리, 성재리 부근에서 피해가능성이 높은 것으로 나타났다.

3. 현장조사를 근거로 한 지반정보들과 환경지질 정보들을 입력하여 데이터베이스를 구축한 후 사면의 위험성과 산사태 위험성을 동시에 분석할 수 있는 지리정보시스템은 풍화와 집중강우 등과 같은

여러 위험요인으로부터 광범위한 지역의 많은 사면의 안전을 도모하는 적절한 대안을 강구하는데 효과적으로 이용될 수 있다.

## References

1. Blong, R. J. and D. L. Dunkerley. 1976. Landslide in the Razorback Area, New South Wales, Australia. *Geografiska Annaler*. 58(A): 139-147
2. Chung, F. C. and A. G. Fabbri. 1999. Probability prediction models for landslide hazard mapping. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 65(12): 1389-1399.
3. Gokceoglu, C. and H. Aksoy. 1996. Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Megen region(Turkey) by deterministic stability analyses and image processing techniques. *Engineering Geology*. 44:147-161
4. Guzzetti, F., A. Carrarra, M. Cardinali and P. Reichenbach. 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*. 31: 181-216.
5. Kim, H. T., G. H. KIM, H. J. Lee and D. G. Park. 2002. The risk analysis of debris flow occurrence using GIS,(in Korean) Proc of the KSCE Annual conference 2002: 107-110.
6. Kim, Jung-Su. 1988. Slake durability test of weathered rock.(in Korean) Ms. Thesis. Seoul.: Seoul National University.
7. Kim, Y. J., W. Y. Kim and I. H. Yu. 1993. Analysis of Regional Geologic Hazards Using GIS, *The Journal of GIS Association of Korea*. 1(1): 89-94.
8. Kim, Y. J., W. Y. Kim, I. H. Yu, S. H. Park, J. H. Baek and H. W. Lee. 1991. Analysis of

- Regional Geologic Hazards Using Geographic Information System, Journal of the Korean Society of Remote Sensing. 1991. 7(2): 165-178.
9. Korea Highway Corporation. 1992. Highway design criterion.(in Korean)
  10. Korea Institute of Energy and Resources. 1974. Geological report of the Chongju sheet.(in Korean) 1-10. Daejeon. Korea.
  11. Lee, S. R., W. K. Song and J. H. Park. 2000. Development of railroad rockfill and landslide information system using GIS,(in Korean) J. of Korean Society for Rock Mech. 11(1): 64-71.
  12. Lee, Y. H., Y. K. Jung, H. J. Park, S. R. Lee, B. S. Chang and G. H. Juhn. 2003, GIS based infinite slope stability analysis.(in Korean) Proc of the KGS Spring Conference 2003: 475-480.
  13. Luzi, L. and P. Floriana. 1996. Application of statistical and GIS techniques to slope instability zonation. Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 15: 83-94.
  14. Soil Stability Material Committee, 1990. Slope stability Method, Chang-Wu Publishing Co.: 8-81.
  13. Yu, I. H., D. S. Han, W. Y. Kim, Y. J. Kim and S. G. Lee. 1990. Applied Geological Maps of the Seongdong Sheet. Korea Institute of Geology, Mining and Materials.