

## GIS를 이용한 사면위험도 작성기법 연구

유명환\* · 박형동\*

### A Study on the Creation of Slope Instability Map Using Geographic Information Systems

Myong-Hwan Yu\* and Hyeong-Dong Park\*

**ABSTRACT:** The various types of geohazards like landslides resulted from civil construction (i.e. highway construction) must be analysed considering all the possible influential factor systematically. Thus, by using GIS, slope stability can be evaluated, and it can be used as a data for further detailed investigation. So the aim of this study is to present a data for decision making in selecting suitable point for remediation. For analysing slope instability, through appropriate definition and classification, landslide mechanism must be understood. In building GIS model, the selection of appropriate factors and their rating system should be made. For this, the characteristics and the mechanism of landslide have to be understood. And suitable coverage should be chosen for the model considering the slope conditions. In this study, field investigation in 1st and 2nd Section, Chung-ang highway was carried out. From the field data, GIS model on slope instability was created. 5 coverages were used for it. From the result of this study, 12 unstable sections were found out and more detailed investigation is needed there.

#### 서 론

각종 토목구조물의 거대화되며 그 건설활동 또한 증가되고 있는 가운데 이러한 활동은 평형상태에 놓여 있는 자연계에 영향을 줌으로써 산사태와 지반침하와 같은 재해를 유발시키고 있고 그 횡수는 증가 일로에 놓여 있다. 이렇게 발생하는 지질재해는 그 요인이 복합적이고 그 들간에 상호 연관되어 있어, 이러한 요인을 종합적으로 파악하고 전체적인 측면에서 분석하는 것이 무엇보다 중요하다.

여러 요인들을 공간상에서 분석하는 지리정보시스템(GIS)은 최근 교통, 인구, 경제, 재해관리 분야에서 많이 활용되고 있으며 그 활용 범위는 점차 확대되어가고 있는 추세이다. 이러한 지리정보시스템은 여러 가지 요인을 한번에 분석 할 수 있으며 공간 자료를 점수화하여 정보화 할 수 있으며 그 정보의 공간적 위치

를 쉽게 파악할 수 있다는 점에서 각종 계획 및 정책 결정에 있어 많이 활용되고 있는 바이다. 그러므로 자연재해와 같이 요인이 복잡하고 그 요인들 간의 상관성이 높은 분야에 있어서 GIS를 활용한다면 시간적으로 경제적으로 많은 이득을 얻을 수 있어 국내외적으로 GIS를 이용하여 암반을 평가하거나 재해도(geohazard map)을 작성하고자 하는 많은 시도가 있다 (Anbalagan, 1992; 김정엽등, 1995, 1996).

본 연구는 중앙고속도로 1, 2공구 구간에서 나타나는 절취사면의 안정성을 지리정보시스템을 통해 분석하여 공사 중 혹은 완공후 사면 보강에 있어 투자 우선 순위를 정하고, 추후 정밀 조사를 하는데 있어 기초 자료를 제공할 수 있는데 목적을 두고 있다. 이를 위해 지리정보 시스템을 구축하는데 관련된 문제를 살펴보고 분석 대상인 사면 불안정 현상을 연구하는데 있어 고려할 축척의 문제, 사면 불안정과 관련 있는 변수 선정의 문제인 커버리지 선정문제를 살펴보고 현장 조사를 통해 이에 대한 공간적 위치별 자료를 수집한 후 GIS 모델링을 통해 분석하고자 하였다.

\* 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 (School of Civil, Urban and Geosystem Engineering, Seoul National University)

## 지리정보시스템

### 지리정보시스템의 구축

GIS 구축에 있어서 가장 중요한 문제는 요인을 선정하고 각 요인에 대해 등급을 나눈 후 그에 맞는 점수를 부여하는 일이다. Fig. 1에서와 같이 GIS모형을 만들기 위해서는 우선 모델에 필요한 요인을 선정한 후 전체 메커니즘에 요인이 차지하는 비중을 고려하여 각 요인이 가질 가중치를 결정한다. 가중치를 결정한 후 각 요인별로 점수 등급을 결정한다. 이때 가중치와 점수 배분은 모델을 제작하는 사람의 자의적 판단에 기인하므로 모델을 제작하는 사람은 비교적 현실의 세계와 비슷한 모델이 되도록 각 요인의 점수를 적절히 배분하고 요인 중에서의 배점을 적절히 주어야 한다.

### 축척

사면불안정 현상 연구에 있어 중요하게 고려해야 할 문제중의 하나는 연구에 사용할 축척 선정이다. 조사의 목적에 따라 얼마만큼의 축척을 사용하느냐가 달라지고 축척에 따라 조사의 방법 또한 다르게 선택되어야 하기 때문이다.

이와 관련해 IAEG (1976)에서는 국가 전체 규모의 축척 (national scale), 광역적 규모 축척 (regional scale), 중축척 (medium scale), 대축척 (large scale) 까지 4가지의 축척 구분을 하였는데 조사하고자 하는

목적에 따라 축척이 결정되고 그 축척에 따라 조사의 방법등이 결정된다.

Soeters와 van Western (1996)은 이와 같이 IAEG에서 제시한 축척과 관련하여 도로 건설이나 도시화에 따른 거대 토목구조물 등은 일정한 지역에 영향을 미치는 바, 이에 대한 재해위험구역을 결정하는 데 있어서는 중축척 (medium scale)이 적당하다고 제시한 바있다.

### 커버리지 (coverage)

GIS를 이용하는데 있어서 중요한 문제 중의 하나는 바로 커버리지를 선택하는 것이다. 커버리지란 분석을 위해 여러 지도요소를 검칠 때 그 지도 요소 하나 하나를 가리키는 말로써 커버리지 하나는 독립된 지도가 될 수 있고 완성된 지도의 한 부분이 될 수도 있다 (이강원, 함창학, 1999). 이런 커버리지는 여러 개가 중첩되어 하나의 GIS모형을 생성하게 되고 이런 모델은 현실 세계에서 나타나고 있는 현상을 반영한다 (Fig. 1).

커버리지는 현실 세계를 잘 반영할 수 있도록 선택되어야 되며 산사태의 경우 산사태에 영향을 주는 요인들에 대해 충분히 생각하여야 한다.

Soeters와 van Western (1996)은 산사태로 인한 재해를 분석하는데 사용될 수 있는 입력 자료에 대해 제시하였다. 모든 산사태 문제에 있어 일률적으로 이들 요소를 사용할 수는 없지만 커버리지 작성에 많은 도움을 줄 수 있는 지표로 사용할 수 있을 것이다.

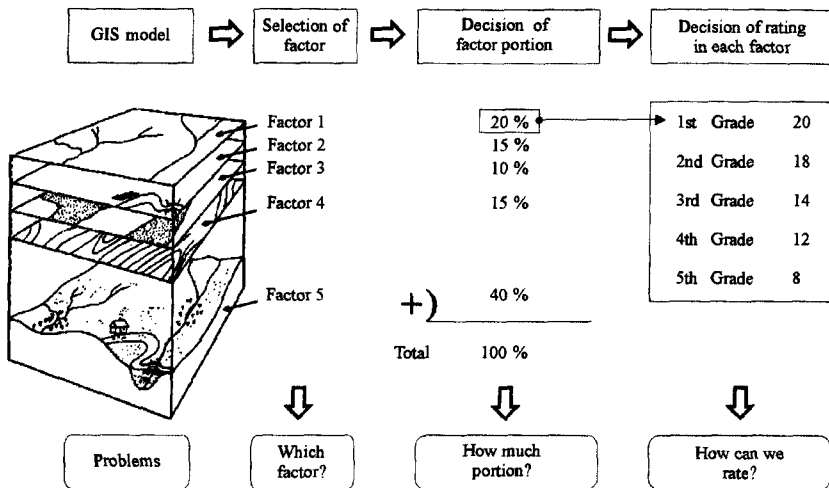


Fig. 1. GIS modeling procedure and problems involved in each step.

현장 조사

예정이다.

현장개요

중앙고속도로는 대구와 춘천을 연결하며 총 연장 280 km, 사업비 3조 5,477억원으로 주요 경과지는 대구, 안동, 영주, 제천, 원주, 홍천, 춘천이다. 왕복 4차선으로 폭 23.4 m의 도로이다. 1991년부터 시작하여 2003년 완공을 목표로 삼고 있다.

그 중 본 연구의 대상 지역은 대구 금호인터체인지와 군위인터체인지를 연결하는 1, 2공구 지점 (Fig. 2)으로 금호 기점 5.5 km지점부터 31 km지점 (군위 터널 대구방향 입구)까지의 구간이다. 현재 대구에서 영주까지 2차선이 개통되어 있으며 2000년 5월까지 대구-군위 (1, 2공구)간 왕복 4차선 확장공사가 완료될

지질학적 특성 및 공학적 특성

이 지역 지질 (Fig. 2)은 백악기 경상계에 속하는 곳으로 낙동층, 하산동층, 진주층, 칠곡층, 신라역암층, 학봉층, 대구층 등이 나타나 있다. 그 후 불국사 화강암류에 속하는 팔공산 화강암이 관입하여 나타나고 있으며 그 관입 주변부에서 접촉 변성작용이 발견되고 있다 (조선지질원, 1928.; 김봉균 등, 1981.; 장기홍 등, 1981).

이 지역은 퇴적암의 층리가 대체로 서에서 동으로 누워있는 형상을 보이며 층 사이의 팽창성 점토 등이 협재된 곳이 간혹 발견되고 있어 강우시 사면 미끄러짐 현상이 발생하고 있는 지역이다. 현장에서 얻은 시

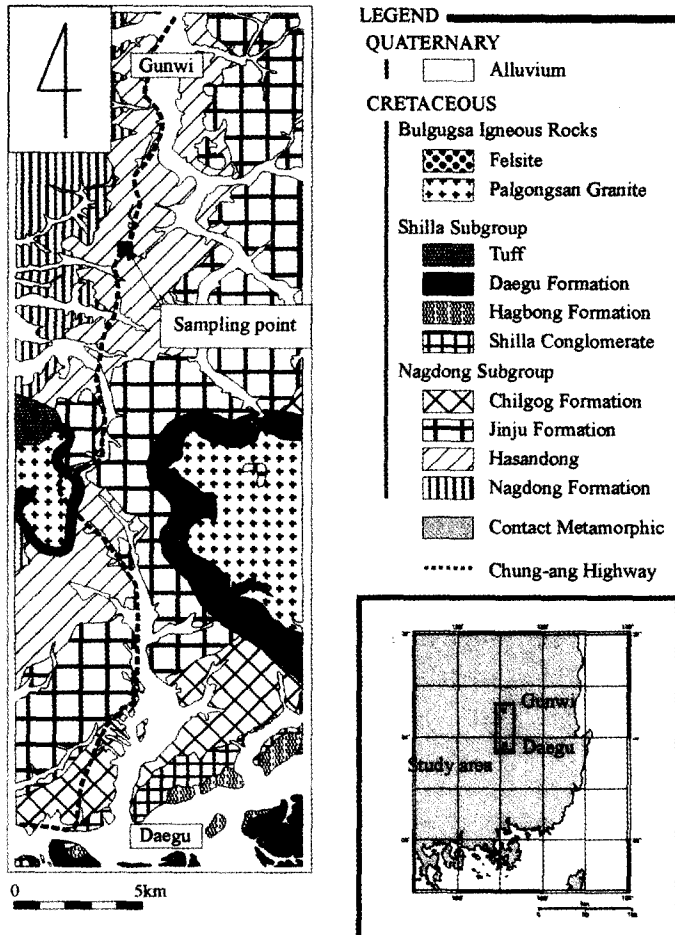


Fig. 2. Geological map of the study area (Geological Survey of Chosen, 1928; Kim et al., 1981; Chang et al., 1981).

**Table 1.** Physical and mechanical properties of rock specimen.

| Rock specimen                         | Specimen preparation | Uniaxial compressive strength (MPa)               | Sonic velocity (m/sec) |        | Specific gravity |
|---------------------------------------|----------------------|---|------------------------|--------|------------------|
|                                       |                      |   | S wave                 | P wave |                  |
| Specimen from the upper part of slope | U-1                  | dried in oven (10°C ± 55°C)                       | 63.4                   |        | 2.52             |
|                                       | U-2                  | dried in air                                      | 61.2                   | 1740   |                  |
|                                       | U-3                  | water saturation for 24 hours (using vacuum pump) | 40.0                   | 2670   |                  |
|                                       | U-4                  | cored parallel to the bedding (drying in air)     | 45.0                   |        |                  |
| Specimen from the lower part of slope | L-1                  | dried in oven (10°C ± 55°C)                       | 130.0                  |        | 2.65             |
|                                       | L-2                  | dried in air                                      | 129.5                  | 2860   |                  |
|                                       | L-3                  | water saturation for 24 hours (using vacuum pump) | 102.2                  | 4800   |                  |
|                                       | L-4                  | cored parallel to the bedding (drying in air)     | 184.2                  |        |                  |

료로 기본적인 공학적 물성 값을 얻었는데 Table 1과 같다. 사용된 시료는 NX 크기로 형성된 코어 형태의 시료이다.

### 현장 조사

중앙고속도로 1, 2공구 중에서 칠곡 인터체인지 (금호 기점 5 km 지점)부터 군위터널 대구방향 갱구부 (금호 기점 30 km)지점까지 3구간의 도로 현장 조사를 통해, 도로건설 과정으로 만들어진 절취 사면에 대해 조사하여 총 25 km 구간에서, 총 34개의 사면에 대한 조사를 수행하였다.

현장조사를 통해 불연속면 (층리면)의 방향, 도로 방향, 사면 절취각, 사면 길이, 절리간격을 측정하였고 암반의 강도를 추정하기 위해 슈미트해머를 이용 강도정수를 구하였다. 특히 정확한 사면의 좌표를 얻기 위해 Garmin사에서 제작한 휴대용 GPS (Global Positioning System; 모델명 GPS III Plus)장비를 이용, GIS 입력 작업이 수월하도록 하였다.

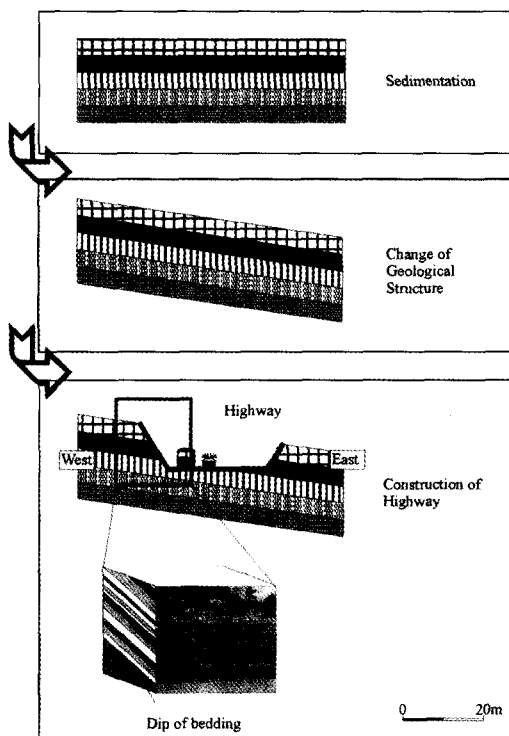
### GIS 분석

현장에서 얻은 값과 지질도, 지형도, 공사 관계 보고서 등 문헌을 통해 얻은 자료를 바탕으로 GIS분석을 실시하였다. 얻어진 자료를 바탕으로 Clark Labs에서 개발한 Cartalinx를 이용하여 불연속면 방향과 절취면 방향관계, 불연속 간격, 암반강도, 사면의 길이, 사면의 높이에대 한 5개의 커버리지를 제작하였다. Cartalinx를 이용 자료를 수치화 하기 위해서 디지털인 GTCO AccuTab (GTCO 3648)을 이용하였고 생성된 커버리지를 분석하기 위해 Clark Labs에서 개발한 Idrisi for windows Ver 2.0을 이용하였다.

### 커버리지

#### 불연속면 방향과 절취면의 방향

불연속면 방향과 절취면의 방향의 관계는 사면 붕괴에 있어 주된 원인 중 하나로 작용한다. 앞에서 서술한 바와 같이 층리면이 서에서 동쪽으로 기운 방향으로 발달하고 있어 주로 정북으로 향하고 있는 도로에 영향을 주고 있다 (Fig. 3). 유병옥 등



**Fig. 3.** Principal problems resulted from geological structure in Chung-ang highway.

(1999)에 의하면, 본 연구 지역이 속해 있는 대구 경상 분지의 56개소 퇴적암 절취사면에 대한 조사 결과, 평면파괴에 의한 것이 57.1%로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며 썩기파괴와 전도파괴는 각각 5.4%, 0%로 그 영향이 상대적으로 적은 것으로 나타나고 있다. 이에 불연속면중 층리의 방향성과 도로사면의 방향성만을 비교하여 점수화하였다. 점수화 방법은 평사투영법에서 daylight envelope를 이용하였다. RMR의 변형법인 SMR (Romana, 1985)에서 불연속면 방향과 경사방향과의 방향차에 따라 점수를 제시한바 있는데, 이 두가지를 복합하여 평사투영상에 도시한 결과를 점수로 삼았다 (Fig. 4). 그림에서 daylight envelope에 해당되는 영역을 SMR에 의해 더욱 세분하고 이를 이용하여 영역을 세분화 한것이다. 또한 층리면 사이의 마찰각은 기존의 현장 해석에서 이용 (도로연구소 지반연구실, 1994)하였던 15°를 사용하여, 이 각도보다 낮은 층리면에 대해서는 낮은 점수를 부과하였다 (Table 2).

**불연속면간격**

암반 내의 발달된 불연속면 간격은 Bieniawski (1979)가 제시한 RMR에서 다루어지고 있는 요인 중 하나이고 사면 평가를 위해 개발된 RMR의 변형법인 SMR (Romana, 1985)에서도 역시 다루어지고 있는 요인으로 암반 상태를 평가하는 중요 지표가 되고 있다. 현장 특성상 접근하기 힘든 구간에 분포하고 있는 불연속면의 간격에 대해서는 본 연구를 위해서 개발한 간단한 장치를 이용하여 간격을 측정하였다 (Fig 5). 불연속면 간격측정기는 현장에서 접근하기 힘든 노두에 분포하고 있는 불연속면 간격을 측정하는 장치로 윈도우상에서의 불연속면 간격을 원거리의 실제 불연속면 간격으로 환산하여 구한다. Fig. 6과 같이 측정장치의 윈도우와 윈도우를 보기 위한 구멍간의 거리가 30 cm일 때, 원거리의 불연속 간격을  $J_s$ 라고 하고, 두 측정 지점 을 R, Q 두 측정 지점간의 거리를 S, 첫 번째 지점 (R)에서 바라본 각도를 A, 두 번째 지점 (Q)에서 바라본 각도를 B, Q지점에서 윈도우 화면을 통해

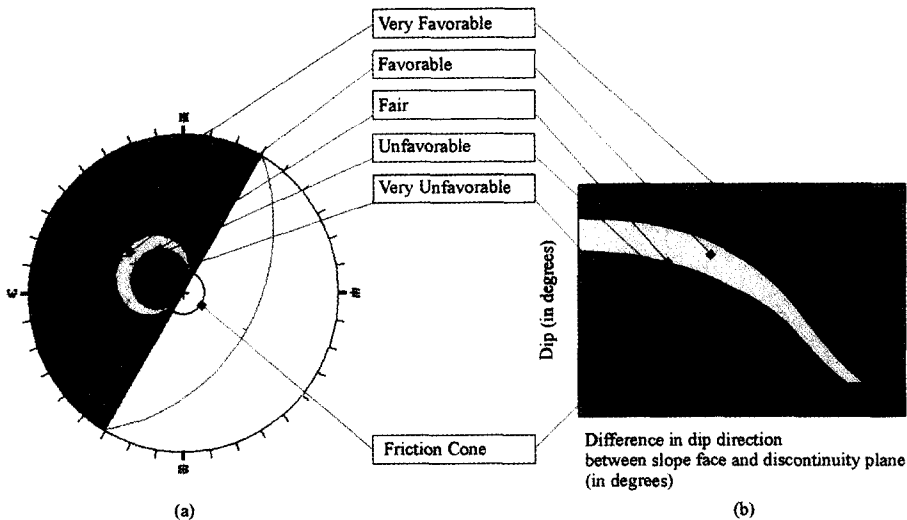


Fig. 4. Rating expressed as stereo net and graph.

Table 2. Rating with the consideration of the relationship between orientation of slope face and bedding plane (modified from Romana, 1985).

| Plane failure                | $\beta_j - \beta_s$ | $>10^\circ$    | $10^\circ \sim 0^\circ$ | $0^\circ$ | $0^\circ \sim (-10^\circ)$ | $< -10^\circ$    |
|------------------------------|---------------------|----------------|-------------------------|-----------|----------------------------|------------------|
| Condition of slope           |                     | Very Favorable | Favorable               | Fair      | Unfavorable                | Very unfavorable |
| Rating in SMR (Romana, 1985) |                     | 0              | -6                      | -25       | -50                        | -60              |
| Rating adopted in this study |                     | 0              | 1                       | 4.17      | 8.33                       | 10               |

$\beta_j$ : joint dip  $\beta_s$ : slope dip

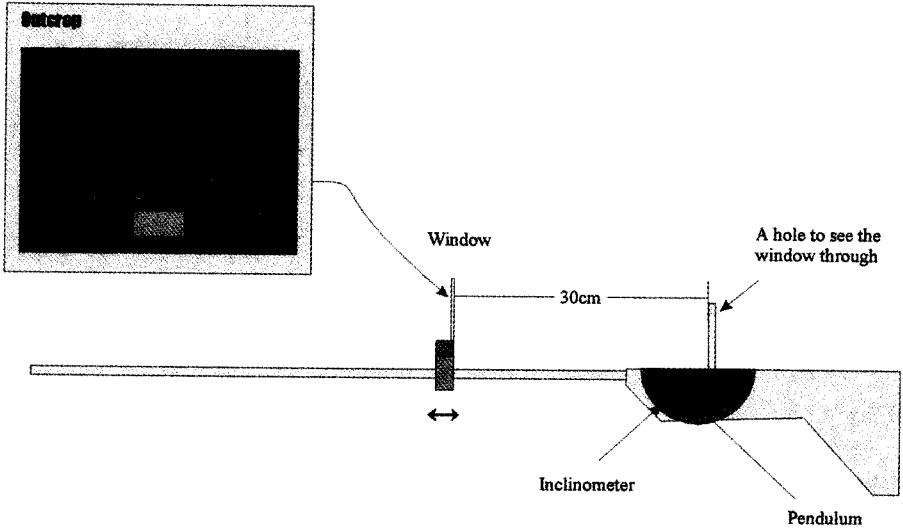


Fig. 5. Discontinuity spacing measuring equipment.

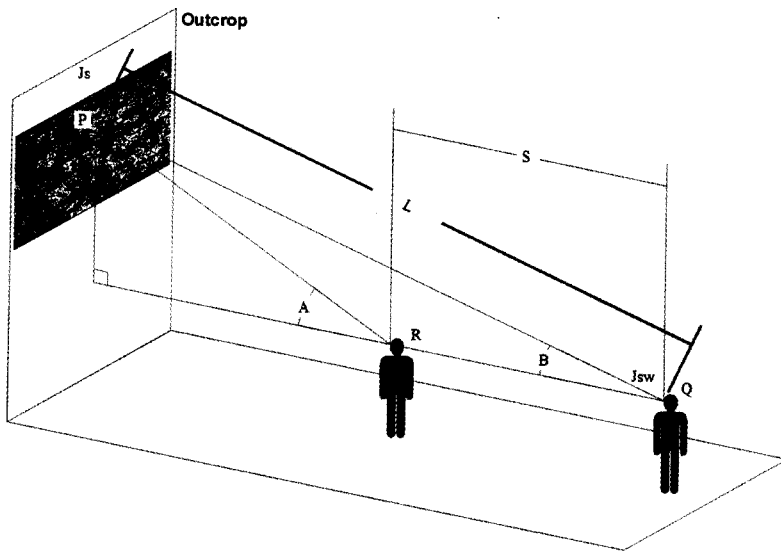


Fig. 6. Principal of measuring using the equipment.

측정한 불연속 간격을  $J_{sw}$ 라고 하면 노두의 불연속면 간격  $J_s$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$J_s = \frac{1}{30} \cdot \frac{\sin A}{\sin(A-B)} \cdot J_{sw} \cdot S(\text{cm}) \quad (1)$$

불연속면 간격은 RMR에서 제시하고 있는 분류에 맞추어 등급을 나누어 점수화하였다 (Table 3). 여기서 측정시 불연속면의 간격이 주향과 경사방향에 대하여 수직으로 측정되어야 정확한 값을 얻을 수 있다는 문

제가 있지만 등급의 범위를 고려하면 무시할 만한 오차라고 판단된다.

Table 3. Rating in discontinuity spacing.

| Spacing (cm) | Rating |
|--------------|--------|
| >200         | 10     |
| 60-200       | 7.5    |
| 20-60        | 5      |
| 6-20         | 4      |
| <6           | 2.5    |

**Table 4.** Rating in rock strength.

| Schmidt hammer rebound value | Rating |
|------------------------------|--------|
| >43.5                        | 4.67   |
| 25.5-43.5                    | 2.67   |
| 15-25.5                      | 1.33   |

**Table 5.** Rating in slop length.

| Slope length (m) | Ranking | Percentage | Rating |
|------------------|---------|------------|--------|
| 18               | 34      | 0.00%      |        |
| 60               | 33      | 3.00%      |        |
| 72               | 32      | 6.00%      |        |
| 90               | 31      | 9.00%      | 10     |
| 96               | 29      | 12.10%     |        |
| 96               | 29      | 12.10%     |        |
| 108              | 28      | 18.10%     |        |
| 120              | 27      | 21.20%     |        |
| 121.5            | 26      | 24.20%     |        |
| 126              | 25      | 27.20%     |        |
| 144              | 24      | 30.30%     |        |
| 150              | 23      | 33.30%     | 8      |
| 174              | 22      | 36.30%     |        |
| 180              | 18      | 39.30%     |        |
| 180              | 18      | 39.30%     |        |
| 180              | 18      | 39.30%     |        |
| 210              | 17      | 51.50%     |        |
| 240              | 14      | 54.50%     | 6      |
| 240              | 14      | 54.50%     |        |
| 240              | 14      | 54.50%     |        |
| 252              | 13      | 63.60%     |        |
| 280              | 12      | 66.60%     |        |
| 300              | 8       | 69.60%     | 4      |
| 300              | 8       | 69.60%     |        |
| 300              | 8       | 69.60%     |        |
| 300              | 8       | 69.60%     |        |
| 336              | 7       | 81.80%     |        |
| 364.8            | 6       | 84.80%     |        |
| 372              | 5       | 87.80%     |        |
| 420              | 4       | 90.90%     | 2      |
| 480              | 3       | 93.90%     |        |
| 600              | 2       | 96.90%     |        |
| 840              | 1       | 100.00%    |        |

**강도**

RMR과 SMR에서 다루어지고 있는 강도를 측정하기 위해서 시추 코어를 통해 단축압축강도를 구하여야 하겠지만 GIS를 위한 점수화에 있어서는 절대적인 값보다는 상대적인 비교가 중요하고, 암석강도가 아닌 현

**Table 6.** Rating in slope height.

| Slope height (m) | Ranking | Percentage | Rating |
|------------------|---------|------------|--------|
| 3                | 34      | 0.00%      |        |
| 4                | 33      | 3.00%      |        |
| 4.8              | 32      | 6.00%      |        |
| 5.5              | 30      | 9.00%      | 10     |
| 5.5              | 30      | 9.00%      |        |
| 6                | 29      | 15.10%     |        |
| 7                | 28      | 18.10%     |        |
| 9                | 27      | 21.20%     |        |
| 10               | 23      | 24.20%     |        |
| 10               | 23      | 24.20%     |        |
| 10               | 23      | 24.20%     | 8      |
| 10               | 23      | 24.20%     |        |
| 11               | 22      | 36.30%     |        |
| 14               | 21      | 39.30%     |        |
| 15               | 19      | 42.40%     |        |
| 15               | 19      | 42.40%     |        |
| 15.5             | 18      | 48.40%     |        |
| 20               | 14      | 51.50%     | 6      |
| 20               | 14      | 51.50%     |        |
| 20               | 14      | 51.50%     |        |
| 20               | 14      | 51.50%     |        |
| 30               | 9       | 63.60%     |        |
| 30               | 9       | 63.60%     |        |
| 30               | 9       | 63.60%     |        |
| 30               | 9       | 63.60%     | 4      |
| 30               | 9       | 63.60%     |        |
| 35               | 7       | 78.70%     |        |
| 35               | 7       | 78.70%     |        |
| 36               | 6       | 84.80%     |        |
| 38               | 4       | 87.80%     |        |
| 38               | 4       | 87.80%     |        |
| 42               | 3       | 93.90%     | 2      |
| 50               | 2       | 96.90%     |        |
| 55               | 1       | 100.00%    |        |

장 암반 (rock mass)의 강도를 반영할 수 있으므로, 단축압축강도 실험은 수행하지 않은 대신 간편하게 강도를 추정할 수 있는 슈미트해머를 이용 암반의 강도를 추정하였다. 해머 타격으로 얻은 값을 단축압축 강도로 추정했을 때 얻어지는 값을 RMR에서 제시한 등급과 비교하여 점수를 환산하였다 (Table 4).

**사면의 길이**

사면이 길수록 사면붕괴에 있어 불리하고 그 피해도 커지므로 연구 지역에서 조사된 34개의 사면에 대해 길이를 백분율을 이용, 5개의 등급으로 나누어 점수를

부여하였다 (Table 5).

**사면의 높이**

사면의 높이 역시 사면 붕괴에 있어 불리하고 발생한 경우에도 피해가 커지므로 현장에서 조사된 사면의 높이를 순위를 결정한 후, 백분율을 이용, 5등급으로 나누어 점수를 부과하였다 (Table 6).

**사면 안정도**

위에서 구한 4개의 커버리지를 이용 다음과 같은 연산 식을 이용 결과를 도출하였다.

$$[\text{사면 안정도}] = 0.4 \times [\text{강도}] + 0.2 \times [\text{사면길이}]$$

$$+ 0.4 \times [\text{불연속면 간격}] + 0.3 \times [\text{사면높이}] - 0.3 \times [\text{불연속면 방향과 절취면의 방향 관계}] \quad (2)$$

각각의 요인은 10점 만점으로 하여 각 등급별로 점수를 부여하였으며 강도, 사면길이, 불연속면 간격, 사면높이를 통해 얻은 값으로 사면안정도를 구하도록 하였다. 사면 안정도에 불리한 요인으로 작용하고 있는 불연속면 방향과 절취면의 방향 관계에 대해서는 0.3의 가중치를 곱하여 전체 값에서 빼주었다.

Fig. 7은 연산 결과를 얻은 값으로 구간에 적은 숫자는 얻은 점수이다. 패턴에서는 짙은 색이 나타나는 구간일수록 위험도가 높은 곳이고 옅은 곳일수록 위험도가 낮은 구간이다. 분석 결과, 위험 구간으로 나타나는 사면은 과거에 이미 사면 안정성 문제로 인해 보강

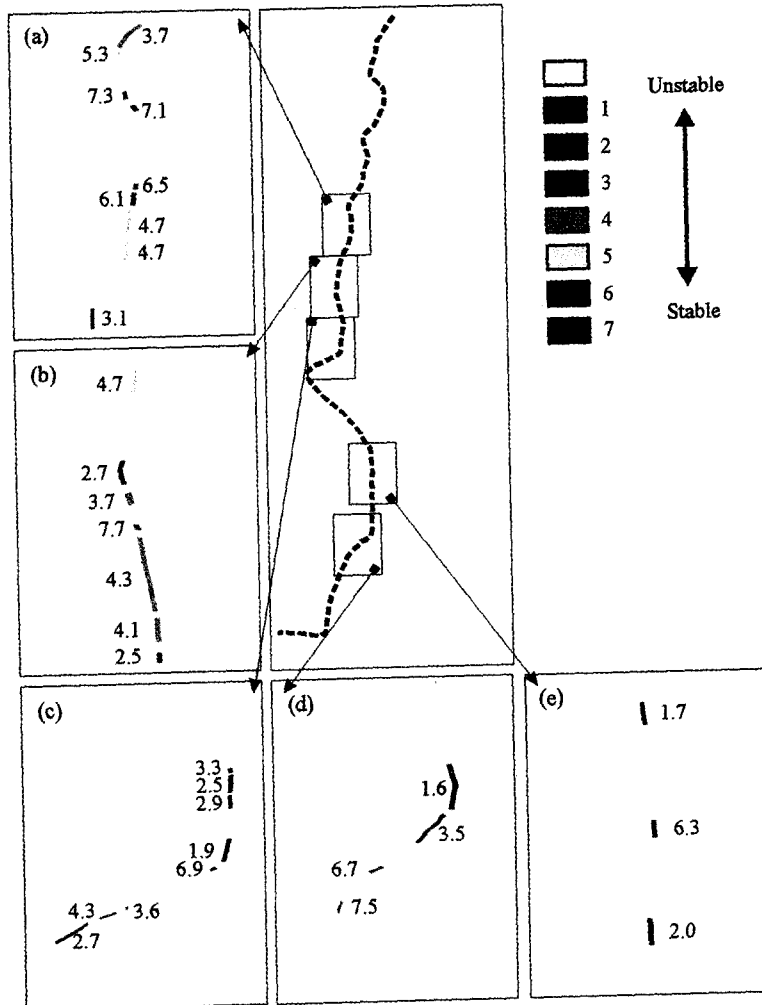


Fig. 7. Stability analysis of studying area using GIS.



작업을 보인 곳도 있는 반면 그렇지 않은 부분도 있어 이에 대한 보다 정밀한 조사가 요구된다.

### 분석에 대한 고찰

1점부터 10점까지의 점수 분포 중 7점 이상의 점수가 나타났으며 이중 편의상 3점 이하를 위험하다고 고려하였을 때, 분석 결과, 총 12개 지점에서 위험에 해당되는 점수를 얻었는데, 위험 구간으로 나타나는 사면 중 6개가 과거에 이미 사면 안정성 문제가 발생한 구간이었다. 반면에 위험 구간에 들지는 않았지만 과거에 사면 불안정 문제가 발생한 지점은 한군데에 불과한 것으로 나타났는데 이는 이미 사면안정화를 위해 사면을 대량으로 절취하여 사면 높이를 현저히 낮춘 결과라고 판단된다 (대구, 안동 1공구 감리단, 1996; 도공감리공단 지반기술실, 1997, 1998a, 1998b; 도로연구소, 1993; 도로연구소 지반연구실, 1994, 1995, 1998a, 1998b, 1998c, 1999). 1-7 사면의 경우 이전에 문제가 발생한 지역이지만 현재 보강 작업 때문에 현장접근이 불가능하여 조사에서 제외되었다.

(2)식과 같은 연산을 이용하여 분석을 수행 할 경우 결과가 현상과 다르게 나타날 때 가중치를 손쉽게 바꿔가며 연산을 수행 할 수 있다는 점에서 그 장점이 있다고 하겠다. 하지만 상당한 부분 주관적인 판단에 맡겨져 있고 또한 할당된 가중치가 정확히 현상을 묘사하는데 있어 검증이 힘든 다는 점에서 단점역시 존재해 현장 자료를 통한 지속적인 수정이 요구되는 부분이라고 판단된다.

### 결 론

고속도로 현장에서 얻어지는 자료를 근거로 하여 사면의 안정성 평가를 수행해 보았다. 분석 결과 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 불연속면 방향과 사면 방향의 관계를 정량화시키기 위해 daylight envelope와 SMR을 결합하여 평가를 수행하여, 기존의 daylight envelope 법을 세분화하였다. 이를 통해 보다 정량인 평가를 수행할 수 수 있었다.

2. 불연속면 간격 추정기를 이용하여 접근이 힘든 비교적 원거리 노두에 대해 조사를 수행할 수 있었다.

3. GIS분석 결과 총 12지점이 비교적 불안정한 것으로 나타났으며 이중에서 6지점은 이미 문제가 지적되었던 곳이었다.

4. 본 연구를 통해 문제되는 지역을 선정하여 이후의 정밀조사나 사면 보강시 의사결정의 중요한 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 사 사

본 연구는 한국과학재단 국제공동연구과제 (KOSEF 995-0400-002-2)의 지원으로 이루어 졌으며 본 연구 지원을 해주신 대 대해 감사드린다. 또한 현장 조사를 위해 지원을 아끼지 않으신 한국도로공사 도로연구소 유병옥 박사님과 황영철 박사님께도 감사드린다.

### 참고문헌

- 김봉균, 정창희, 김수진, 양승영 (1981) 한국지질도 대용도폭 (1:50,000), 한국동력자원연구소, 58p.
- 김정엽, 전효택, 박형동 (1995) 서울일대 암반을 대상으로한 Geotechnical Information System 개발 및 활용. 터널과 지하공간 (한국 암반공학회 회지), 5.4, p. 336-346.
- 김정엽, 전효택, 박형동 (1996) 서울일대 암반을 대상으로한 Geotechnical Information System 개발 및 활용 (2). 터널과 지하공간 (한국 암반공학회 회지), 6.3, p. 223-233.
- 대구, 안동 1공구 감리단 (1996) 중앙고속도로 절취사면 안정성 검토, 지반기술검토사례집, 도공종합감리공단, p. (II-190)-(II-225).
- 도공종합감리공단 지반기술실 (1997) 중앙고속도로 대구-안동 제1공구 건설공사 Ramp-B 구간 외 2개소 절취사면 안정대책, 도공종합감리공단.
- 도공종합감리공단 지반기술실 (1998a) 중앙고속도로 대구-안동간 4차로 확장공사 제 1공구 절취사면 안정성 검토 (STA. No. 7+480-8+020), 도공종합감리공단.
- 도공종합감리공단 지반기술실 (1998b) 중앙고속도로 대구-안동간 4차로 확장공사 제1공구 절취사면 안정성검토 (STA. 6+060-6+200), 도로종합감리공단.
- 도로연구소 (1993) 중앙고속도로 제 1공구 STA. 12+320-540 구간 사면안정성 검토 보고서, 한국도로공사 도로연구소.
- 도로연구소 지반연구실 (1994) 중앙고속도로 제1공구 STA. 7+260-480구간 (상) 사면안정 대책방안 검토, 한국도로공사 도로연구소.
- 도로연구소 지반연구실 (1995) 중앙고속도로 제1공구 STA. 7+460-600구간 (상) 사면안정 대책방안 검토, 한국도로공사 도로연구소.
- 도로연구소 지반연구실 (1998a) 중앙고속도로 1공구 STA. 7+480-600, 7+840-020 구간 절토사면 안정성 검토, 한국도로공사 도로연구소.
- 도로연구소 지반연구실 (1998b) 중앙고속도로 대구-안동간 4차로 확장구간 제 2,3공구 절토사면 안정성 검토, 한국도로공사 도로연구소.
- 도로연구소 지반연구실 (1998c) 중앙고속도로 제1공구 STA. 7+740-8+160 절토사면 안정성 검토, 한국도로공사 도로연구소.
- 도로연구소 지반연구실 (1999) 중앙고속도로 대구-안동간 제1공구 STA. 12+300-540구간 절토사면 안정성 검토, 한국도로공사 도로연구소.

- 유병옥, 황영철, 정형식 (1999) 경상분지 퇴적암 절취사면의 붕괴특성. 한국지반공학회 '99 봄 학술발표회 논문집, 339-346.
- 이강원, 함창학 (1999) GIS용어 해설집, 구미서관, 430p.
- 장기홍, 이윤중, 박병권 (1981) 한국지질도 군위도폭 (1:50,000), 한국동력자원연구소, 44p.
- 조선지질원 제 10호, 1928, 대구도폭 (1:50,000), 조선총독부 지질 조사소.
- Anbalagan, R. (1992) Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. *Engineering Geology*, 32, p.269-277.
- Bieniawski, Z. T. (1979) The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications. Proc. 4th Int. Cong. Rock Mech., ISRM, Montreux, vol. 2, p.41-48.
- Eastman, J. Ronald, (1997), *Idrisi for Windows User's Guide (Ver 2.0)*, Clark University.
- International Association of Engineering Geology (IAEG) (1976) *Engineering Geological Maps: A Guide to Their Preparation*, UNESCO Press, Paris, 79p.
- Romana, M. (1985) New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes. Proc. Int. Symp. Rock Mech. Excav. Min. Civ. Works, ISRM, Mexico City, p. 59-68.
- Soeters, R. and van Western, C.J. (1996) Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation, In: Turner, A.K. and Schuster, R.L. (eds). *Landslides, Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C., U.S.A., p.129-177.

---

2000년 2월 15일 원고접수, 2000년 4월 14일 게재승인.