암반사면의 붕괴특성에 관한 연구(중앙고속도로를 중심으로) A Study on the Failure Characteristics for the Rock Slopes (Centering Around Jungang Highway)

김종렬¹⁾, Kim Jong-Ryeol, 이진수²⁾, Lee Jin-Su, 황평주³⁾, Hwang Pung-Ju, 이용희⁴⁾, Lee Yong-Hee

- ¹⁾ 전남대학교 토목공학과 부교수, Associate Professor, Ph. D., Dept. of Civil Engineering, Chonnam National University
- ²⁾ 동신대학교 토목공학과 교수, Professor, Ph. D., Dept. of Civil Engineering, Dongshin University
- ³⁾ 전남대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Chonnam National University
- ⁴⁾ 한국도로공사 도로교통기술원 지반연구그룹 박사후 연구원, Post-Doctoral Researcher, Ph. D., Geotechnical Research Group, HTTI, Korea Highway Corporation

SYNOPSIS : As a result of industrial advancement and land development, a number of highway slopes have been gradually formed and numerous problems related to their stability have been frequently caused. Generally, major factors for rock slope stability are lithology, slope inclination, slope height, degree of weathering, precipitation, condition of groundwater and so onl. Many complex factors are mostly involved in the collapse of rock slopes. In this study, a database for 94 collapsed Jungang highway slopes were set up using GIS program through literature search, site investigation, geological map and Korea tectonic province map. The analyses for the collapsed factor including sort of rock(by origin), tectonic province, highway direction, slope gradient and direction, degree of weathering, slope height were carried.

Key words : rock slope, GIS(Geographical Information System), Jungang highway, tectonic province, failure characteristics

1. 서 론

전 국토의 약 70%가 산지로 이루어진 우리나라는 국토의 균형적인 발전의 일환으로 고속도로, 철도, 택지개발 등으로 인해 많은 수의 절토사면이 형성되고 있으며, 이와 동시에 인적·물적 피해를 발생시 키는 문제가 많이 발생되고 있다.

일반적으로 암반사면의 안정성에 영향을 미치는 주요 요인으로는 암석종류, 사면경사, 사면높이, 풍화 도, 강우량, 지하수 상태 등 수많은 요인들이 있으며 대부분의 사면붕괴의 발생은 위의 요인들 중 어느 한 가지 요인에 의하기 보다는 복합적인 작용에 의해 발생하고 있다(이용희, 2004). 이러한 암반사면의 안정성 평가는 여러 연구자들에 의해 각 연구자들 또는 기관에 의한 안정성 평가법의 개발을 통해 각 평가항목별 가중치가 결정되었다(이용희, 2004a; 이용희, 2004b; 유병옥, 1998; Mainalee *et al.*, 1999; 시설안전기술공단, 2003). 기존의 연구자들에 의한 일반적인 암반사면의 안정성 평가항목은 암 종, 사면경사 및 방향, 풍화도, 사면높이 등을 포함하고 있다. 그리고 이용희(2004a)는 암반사면이 속하 는 지체구조구가 암반사면의 안정성에 영향을 미치는 것으로 판단하여 암반사면의 안정성을 평가하는데 의미있는 평가항목으로 구분하였다.

따라서 본 연구에서는 지리정보시스템(Geogrphical Information System)을 이용하여 중앙고속도로에 서 발생한 암반 붕괴사면에 대하여 각 붕괴 요인별, 즉 암종, 사면경사 및 방향, 풍화도, 사면높이, 지체 구조구, 고속도로 방향의 구분 등에 대한 분석을 통해 중앙고속도로의 암반사면 붕괴특성에 대한 평가 를 실시하고자 한다.

2. 지리정보시스템(Geographic Information System)

지리정보시스템은 지리적으로 배열된 모든 유형의 정보를 효율적으로 취득하여 저장, 갱신, 관리, 분석 및 출력 등이 가능하도록 조직화된 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어, 지리자료 및 인력 등의 집합체이다. 따라서 GIS는 컴퓨터를 이용하여 어느 지역에 대한 토지, 지리, 환경, 자원, 시설관리, 도시계획 및 방재등 제반 공간 요소에 연계된 속성정보(attributive information)와 공간정보를 지리적 공간위치에 맞추어 일정한 형태로 수치화하여 입력하고, 그 정보를 사용목적에 따라 관리, 처리 및 분석하여 필요한 결과물을 출력할 수 있는 기능을 갖춘 공간분석에 관한 종합적인 정보관리시스템이라 할 수 있다(김계현, 2000).

이러한 GIS를 구축하고 활용하기 위해서는 기본적으로 하드웨어, 소프트웨어, 공간데이터베이스, 인적자 원 및 조직, 절차와 방법 등 5가지 구성요소를 가지는데 최근에는 여기에다가 1990년대 이후 인터넷의 발달 로 인해 네트워크가 추가되었다(그림 1 참조)

또한 GIS 작업수행을 하기 위해서는 그림 2와 같은 순서로 진행된다. 또한 본 연구에서는 중앙고속도로에 대한 붕괴사면의 공간자료를 먼저 구축하고 구축된 공간자료에 속성데이터를 구축하여 분석을 실시하였다.



3. 연구대상지역의 현황 및 지질학적 특성

3.1 중앙고속도로 현황

현재 한국도로공사에서 관리하고 있는 고속도로는 2002년말 기준, 23개노선 총연장 2,660km에 달한 다(한국도로공사, 2002). 표 1은 국내고속도로의 노선명, 연장, 구간, 평균사면고, 사면연장 및 절토사면 수를 나타내고 있으며(이용희, 2004), 그림 3은 국내 고속도로 현황을 나타낸 그림이다.

이중 중앙고속도로는 총 연장이 289km 정도이며, 평균사면고가 20.5m로 상당히 높은 것으로 나타나 고 있으며, 단위 km당 사면연장이 580m로 우리나라 고속도로 중에서 가장 긴 것으로 나타나고 있다. 또한 중앙고속도로는 한반도의 남북을 가로질러 놓여있어 비교적 다양한 암종이 분포하며, 국내에 존재 하는 지체구조구중에서 경기육괴, 옥천습곡대, 소백산육괴, 경상분지를 관통하고 있다. 따라서 중앙고속 도로의 붕괴특성에 대한 분석이 국내의 각 지체구조구별 붕괴특성 파악에 효과적일 것으로 판단된다.

노선		연장		평균	사면연장	절토
번호	도 신 명	(km)	· 구간	사면고(m)	(m/km)	사면수
1	경부선	425.5	부산~서울	12.2	169	307
15	서해안선	340	목포~서울	16.7	397	525
25	호남선,논산~천안선	195,81	순천~천안	12.7	374	243
251	호남선의 지선	54	논산~대전	17.4	334	69
35	중부선	286	통영~하남	18.9	494	601
37	제2중부선	31	이천~하남	21.5	220	33
45	중부내륙선	126	마산~양평	22.1	413	223
451	구마선	30	현풍~대구	21.9	146	18
55	중앙선	289	부산~춘천	20.5	580	864
551	중앙선의 지선	8.2	김해~양산	6.3	69	3
65	동해선	62	동해~속초	17.0	392	119
10	남해선	169	영암~부산	19.1	216	171
102	마산외곽선	16	함안~창원	17.8	440	35
104	남해제2지선	21	김해~부산	28.5	328	12
12	88올림픽선	183	무안~대구	15.4	342	332
16	울산선	14	울산~울산	9.7	208	16
20	익산~포항선	3	익산~포항	28.5	513	2
40	평택~충주선	25.8	평택~충주	14.3	567	71
50	영동선	234	인천~강릉	21.1	360	334
100	서울외곽순환선	91	판교~판교	25.1	272	109
110	제2경인선	27	인천~안양	21.5	398	39
120	경인선	23.9	인천~서울	15.0	51	4
130	인천국제공항선	40.2	인천~고양	_	_	_
300	대전남부순환선	13	대전~대전	33.6	450	24

표 1. 국내고속도로 현황(한국도로공사, 2002)



그림 3. 국내 고속도로 현황

3.2 중앙고속도로의 지질학적 특성

한국의 지질은 선캠브리아 이언(Eon)에서 신생대에 이르기까지 다양하게 분포한다(대한지질학회, 1999). 이들 중 한반도의 기반을 이루는 선캠브리아 이언의 변성암류와 고생대 및 중생대의 심성암류는 여러 번에 걸친 지각변동과 백악기 이후에 일어난 융기와 삭박작용에 의하여 크게 노출되어, 분포면적 에 있어서 한반도의 반 이상을 차지한다. 전기고생대층을 비롯한 그 이후의 퇴적암층 및 화산암은 지구 조와 관련하면서 이들 기반암 위에 분산 분포한다.

그림 4는 국내의 지체구조구와 중앙고속도로의 붕괴사면 위치를 나타낸 그림이며, 중앙고속도로가 통 과하는 각 지체구조구별 지질학적 특성을 개략적으로 설명하면 다음과 같다(한국의 지질, 1999).

(1) 경기육괴

경기육괴는 북으로는 임진강습곡대와 접하고, 남동으로 옥천습곡대와 단층 또는 전단대로 접한다. 경 기육괴는 시생대와 원생대 편마암복합체와 편암복합체, 충남 대전지역과 강화-전곡지역에 분포하고 있 는 쥬라기 퇴적층, 저반상의 쥬라기 대보화강암, 경기육괴와 옥천습곡대의 경계부에 따라서 단속적으로 발달하고 있는 분지 내 백악기 지층들과 추가령열곡대의 신생대 화산암류들로 구성된다.

(2) 옥천습곡대

옥천습곡대는 한반도 남부지역에서 경기육괴와 소백산육괴 사이에 북동-남서 방향으로 북동부의 동해 안에서부터 남서 해안으로 연장 발달하고 있다. 옥천습곡대에는 선캠브리아 이언의 편마암류와 편암복 합체를 기반암으로 하여 그 상부에 시대미상의 변성퇴적암류와 변성 염기성 및 산성 화성암류로 구성된 옥천층군, 고생대와 중생대의 퇴적암류와 화성암류, 그리고 제3기의 퇴적암, 화산암류와 관입암류로 구 성된다.

(3) 소백산육괴

소백산육괴는 북동부에서 옥천습곡대와 경계를 이루며, 남동부에서는 중생대 백악기 지층들이 분포하 고 있다. 소백산육괴는 대부분이 편마암복합체, 편암복합체와 화강암질암으로 구성되어 있어 암상으로는 경기육괴의 기반암류와 유사하지만, 이 육괴의 남부에는 회장암이 대상으로 분포하는 것이 특징이다.

(4) 경상분지

한반도 남동부에 위치한 경상분지는 쥬라기 말과 백악기 초의 육성 퇴적층과 화산암류와 화산쇄설성 퇴적암의 호층으로 구성되며, 후기 백악기 내지 제3기 초기의 산성암류에 관입 당하고 있다.

중앙고속도로의 금호-안동구간은 태백산맥 방향으로 고속도로 노선이 지나 산악지의 끝단부를 따라 노선이 형성되어 비교적 주로 험준한 지세를 보이고 있다. 본 구간 지질은 낙동강을 경계로 남쪽은 중 생대 백악기의 셰일 및 사암으로 이루어져 있으며 각력을 포함하기도 한다. 낙동강의 북쪽은 모암인 선 캠브리아기의 편마암에 화성암이 관입되어 있다. 특히 영주-제천구간 중에는 고생대층의 석회암층이 존 재하여 많은 석회공동이 발견되어 교량 기초, 터널, 사면 등의 건설시 문제가 발생되는 지역이 다수 생 기고 있다. 제천-원주구간은 주로 험준한 산악지형을 이루어 절토사면, 교량과 터널이 주를 이루어지고 있는 노선을 갖는다. 이 지역은 주로 선캠브리아기의 편마암에 화성암이 관입된 지질을 보이며 비교적 단층이 많이 발달하여 복잡한 지질구조를 보인다. 홍천~춘천구간도 비교적 험준한 산악지형을 이루고 선캠브리아기의 편마암이 주종을 이룬다(유병옥, 1998). 그리고 경상분지에 속하는 중앙고속도로 춘천 방향의 붕괴가 많이 발생하고 있는 원인은 다른 지체구조구에 비해 경상분지의 퇴적암 및 퇴적암류의 주절리면의 방향 및 경사가 뚜렷한 방향성을 보이고 있기 때문이다(이용희, 2004).

3.3 중앙 고속도로의 붕괴사면 위치

그림 4는 중앙고속도로 상에서 붕괴된 암반사면의 붕괴위치와 국내의 지체구조구를 나타낸 그림이다. 그림에 나타낸 바와 같이 중앙고속도로는 경기육괴, 옥천습곡대, 소백산육괴, 경상분지를 관통하고 있다.



그림 4. 지체구조구와 붕괴 사면위치

4. 중앙고속도로의 붕괴특성평가

중앙고속도로의 붕괴특성에 대한 분석은 여러 연구자들이 제안한 암반사면의 안정성 평가방법(이용희, 2004a; 이용희, 2004b; 유병옥, 1998; Mainalee *et al.*, 1999; 시설안전기술공단, 2003)에 대한 분석 과 현장과 문헌조사 등을 통하여 알 수 있는 요인들을 선정하여 붕괴특성의 평가항목으로 선정하여 분 석을 실시하였다. 사용된 평가항목은 암종별 붕괴유형, 지체구조구, 고속도로 방향(부산방향, 춘천방향), 암석 성인, 사면경사 및 방향, 사면높이, 풍화도 등에 대해서 붕괴특성을 분석하여 평가하였다.

4.1 암종별 붕괴유형

암반사면의 붕괴유형은 퇴적암, 화성암, 변성암의 암석의 성인에 따른 암종의 3대분에 따라 구분을 하 였으며, 각 성인별로 발달하는 불연속면의 특성에 차이가 발생하므로 사면을 형성하는 암종과 매우 밀 접한 관계를 갖는다.

중앙고속도로에서 붕괴된 사면을 암종별(암석의 성인에 의한 분류)로 붕괴유형을 분석한 결과는 그림 5와 같다. 퇴적암에서는 평면파괴가 약 60%정도를 차지하는 것으로 나타났으며, 그 다음 쐐기파괴, 낙 석, 원호파괴, 전도파괴 순으로 붕괴 빈도가 높은 것으로 나타났다. 화성암에서는 평면파괴가 퇴적암과 비슷하게 평면파괴가 많이 발생하는 것으로 나타났지만, 퇴적암과는 달리 원호파괴의 발생빈도가 높은 것으로 나타났다. 또한 변성암에서는 평면파괴, 원호파괴, 쐐기파괴 순으로 붕괴빈도가 높은 것으로 나 타났다.



그림 5. 암종별 붕괴유형 백분율

4.2 지체구조구

우리나라의 지체구조구는 일반적으로 옥천습곡대, 경상분지, 소백산육괴, 경기육괴, 환태평양알칼리화 산지구의 5개로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 중앙고속도로를 통과하는 옥천습곡대, 경상분지, 소백산육 괴, 경기육괴에 대하여 분석을 실시하였으며, 환태평양 알칼리 화산지구는 중앙고속도로 노선에 해당되 지 않으므로 본 연구대상에서 제외하였다.

그림 6에 나타낸 바와 같이 중앙고속도로의 단위 길이당 붕괴 빈도는 옥천습곡대가 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 다음으로 경상분지, 소백산육괴, 경기육괴의 순인 것으로 나타났다. 그림 7은 각 지체구

조구별 암반사면의 붕괴지점을 나타낸 그림이며, 붕괴위치는 부산방향과 춘천방향으로 구분되어 있다.
옥천습곡대의 붕괴빈도가 높은 원인은 옥천습곡대가 선캠브리아 이언의 편마암과 편마암류를 기반암
으로 하고 있고 다양한 암석들로 구성되어 있으며, 오랜 지사시간 동안에 수 차례의 변성작용과 변형작
용을 통해 엽리면과 절리면 그리고 단층면 등의 면구조들과 선구조들이 발달하였으며 지표에 노출되면
서 풍화작용 등으로 인해 결과적으로는 지반강도가 저하되면서 상대적으로 높은 붕괴빈도를 나타내고
있는 것으로 판단된다. 또한 경상분지의 붕괴빈도가 높은 원인은 경상분지가 주로 퇴적암 및 퇴적암류
로 구성되어 있어 암석자체가 가지고 있는 취약성, 풍화에 대한 약한 저항력, 불연속면 틈사이에 높은
풍화도를 가지는 충전물의 협재 등에 의한 낮은 전단강도 그리고 특정한 방향으로 발달한 주절리면의
방향과 경사 등에 의한 것으로 판단된다.



그림 6. 붕괴 사면의 지체구조구별 백분율



그림 7. 각 지체구조구에 따른 붕괴사면위치

4.3 고속도로 방향

그림 8은 중앙고속도로를 지체구조구별로 나누어서 붕괴사면을 고속도로 진행방향에 따라 붕괴사면 위치를 나타낸 것이며, 그림 9은 진행방향에 따른 지체구조구별 붕괴백분율을 나타낸 그림이다. 옥천습 곡대와 경기육괴에서는 춘천방향이 부산방향보다 많이 붕괴가 발생하였으며 반대로 경상분지와 소백산 육괴에서는 부산방면이 춘천방향보다 상대적으로 붕괴 발생빈도가 높음을 알 수 있다.



그림 9. 방향에 따른 지체구조구

4.4 암석의 성인별

고속도로의 암반사면은 도로개설에 의해 인공적으로 형성된 것으로 암반사면의 안정성은 환경적인 조 건과 지질적인 요인에 의해 좌우된다. 지질적인 특성은 붕괴발생에 큰 영향을 줄 것으로 판단되며, 특히 암석의 종류에 따라 지질적인 특성이 달라지므로 암석종류는 붕괴를 일으키는 가장 중요한 요인이 된다 (김성환, 2000). 중앙고속도로의 붕괴된 사면의 성인별 붕괴특성을 살펴보면 그림 9와 같다. 퇴적암이 69%, 화성암 18%, 변성암 13% 순으로 분포하였다. 국내에 분포하는 암석을 살펴보면 화성암, 변성암, 퇴적암으로 많이 분포하지만 중앙고속도로에서 붕괴된 사면은 퇴적암, 화성암, 변성암 순으로 많이 분포 한다는 것을 볼 수 있다. 그러므로 중앙고속도로에서는 퇴적암이 붕괴에 미치는 영향이 상당히 크다는 것을 알 수 있다.



그림 10. 붕괴된 사면의 암종별 백분율

4.5 사면경사 및 방향

본 연구에서는 방향성을 표시하기 위하여 평사투영법을 사용하였는데 평사투영법에는 등면적 투영법 (schmidt net)과 등각 투영 방법법(Wulff net)이 있으며, 본 연구에서는 공각적인 분포의 정확성을 기하 기 위해서 등면적 투영과 하반구 투영법(lower reference hemisphere)을 사용하였다.

중앙고속도로 붕괴된 사면의 사면경사 및 방향을 평사 투영한 결과는 그림 10과 같다. 평사투영결과 를 살펴보면 전체적으로 약한 도넛형태를 띄고 있으며, 특히 높은 붕괴빈도를 보이는 사면방향은 50-110°와 210-280°의 사면방향에서 붕괴가 많이 발생하였다. 이는 중앙고속도로가 남북방향으로 놓 였기 때문으로 판단된다.



그림 11. 붕괴사면의 평사투영결과

그림 12는 붕괴사면의 사면경사에 대한 백분율을 나타낸 것이며, 그림에 나타낸 바와 같이 사면경사 가 급할수록 붕괴백분율이 높은 것으로 나타났다.



그림 12. 붕괴사면의 사면경사

4.6 풍화도

풍화의 지질학적 의미는 암석이 물 또는 공기와 접촉하여 흙으로 붕괴되어 가는 자연적 과정으로 간 단히 요약할 수 있다. 암석이 생성될 당시의 환경조건은 현재와 비교해 볼 때 상대적으로 고온 또는 고 압의 조건이므로 환경의 변화에 따른 암석의 적응과정으로 풍화를 설명할 수도 있다. 따라서 암석의 풍 화는 주로 지표면 부근에서 발생하여 흙의 형성, 풍화된 암반부위 형성 등을 통해 하부의 신선한 기반 암과 대조를 이루고 이로 인해 공학적 특성의 차이를 야기 시킨다. 현재까지 여러 번의 경험적인 시도 를 통해 가장 널리 사용되는 서술법은 국제지질공학회(IAEG), 국제암반공학회(ISRM) 등에서 채택하고 있는 6단계 등급법으로 표 2에 나타난 바와 같다.

본 연구에서는 암반사면만 분석을 실시하였으므로 잔류토인 RS(residual soil)는 제외하였다. 그림 13 에 나타낸 바와 같이 붕괴된 사면의 풍화도를 분석한 결과는 심한풍화(Highly Weathered)가 약 38%, 보통풍화(Moderately Weathered)가 34%로서 심한풍화와 보통풍화에서 약 70%이상을 차지하고 있음 을 알 수 있다. 이는 붕괴된 암반사면의 전반적인 풍화상태가 심한풍화-보통풍화가 우세하기 때문인 것 으로 판단된다.

니고 이니	용어	정 의
I	신선 (Fresh)	암석구성 물질이 풍화된 흔적이 없다 주요 불연속면의 표면에 가벼운 변색이 있다
11	약간풍화 (Slightly Weathered)	변색은 암석과 불연속면 표면의 풍화를 나타낸다. 모든 암석구성 물질이 풍화에 의해 변색되어 있거나 신선한 조건보다는 어느 정도 약화되어 있을 수 있다
=	보통풍화 (Moderatley Weathered)	암석구성물질의 반이하가 토사로 분해되어 있다. 신선하거나 변색된 암석은 연 속적인 하부구조나 corestone으로 나타난다
IV	심한풍화 (Highly Weathered)	암석구성물질의 반 이상이 토사로 분해되어 있다. 신선하거나 변색된 암석은 불 연속적인 하부구조나 corestone으로 나타난다
V	완전풍화 (Completely Weathered)	모든 암석구성 물질이 토사로 분해되어 있다. 원래 암체구조가 아직까지 크게 손상되지 않았다.
VI	잔류토 (Residual Soil)	모든 암석구성 물질이 토사로 전환되었다. 암체구조와 암석조직이 파괴되었다. 체적상으로 많은 변화가 있으나 토사는 심각하게 운반되어 지지는 않았다.

표 2. 암반의 풍화등급(ISRM, 1981)



그림 13. 붕괴사면의 풍화도

4.7 사면높이

사면높이는 그 지역에 분포하는 지형과 밀접한 관계를 갖으며, 여러 암반사면의 안정성 평가법에서 공통적인 평가항목으로 선정되고 있다. 이는 사면높이가 암반사면의 안정성에 매우 큰 영향을 미치기 때문이다.

그림 14는 붕괴된 사면의 높이에 대한 붕괴백분율을 나타낸 그림으로 사면높이가 20-29m 사이에서 약 38%, 30-39m에서 18%, 40-49m에서 17%의 붕괴가 발생하였다. 이러한 결과는 사면높이가 높을 수록 대기중에 노출이 되기 때문에 전반적인 풍화가 더 빠르게 진행될 확률이 높지만, 퇴적암에서는 비 교적 낮은 사면높이의 구릉지를 형성하는 경우가 많기 때문에 퇴적암이 많은 분포를 보이는 중앙고속도 로에서는 20-29m에서 붕괴빈도가 높은 것으로 판단된다.



그림 14. 붕괴사면의 사면높이

5. 결 론

본 연구는 중앙고속도로 상에 존재하는 94개소의 기 붕괴된 암반사면에 대한 현장조사와 문헌조사 등을 통하여 여러 가지 붕괴요인에 대한 원인분석을 실시하였다.

붕괴된 사면을 지체구조구별로 분석결과 옥천습곡대와 경상분지에서 다른 지체구조구보다 붕괴가 빈 번하게 발생하는 것으로 나타났다. 이는 옥천습곡대가 다양한 암석들로 구성되어 있으며, 오랜 지사시간 동안에 수 차례의 변성작용과 변형작용을 통해 불연속면의 발달과 오랜 기간동안의 풍화작용 등으로 결 과적으로 지반강도가 저하되면서 상대적으로 높은 붕괴빈도를 나타내고 있는 것으로 판단된다. 또한 경 상분지의 붕괴빈도가 높은 원인은 경상분지가 주로 퇴적암 및 퇴적암류로 구성되어 있어 암석자체가 가 지고 있는 취약성, 풍화에 대한 약한 저항력, 불연속면 틈사이에 높은 풍화도를 가지는 충전물의 협재 등에 의한 낮은 전단강도 그리고 특정한 방향으로 발달한 주절리면의 방향과 경사 등에 의한 것으로 판 단된다.

그리고 암종별로 붕괴유형을 분석한 결과 퇴적암과 변성암에서는 평면파괴의 붕괴빈도가 가장 높은 것으로 나타났다. 붕괴된 사면을 지체구조구의 고속도로 방향에 따라 분석한 결과 옥천습곡대와 경상분 지는 춘천방향의 붕괴가 많이 발생한 것으로 나타났으며, 붕괴된 사면의 경사는 55° 이상의 사면경사인 경우에 붕괴가 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다. 사면높이는 20-30m에서 가장 붕괴가 많이 발생했 고 사면높이가 50m이내인경우가 대부분을 차지하였다. 이는 대절토사면의 경우 설계단계에서부터 적극 적인 안정화 대책이 마련되어 있고 구성비율 또한 상대적으로 낮기 때문으로 판단된다. 또한 붕괴사면 의 풍화도는 보통풍화-심한풍화에서 전체 붕괴 백분율의 약 70%를 차지하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 1. 김계현(2000), "GIS 개론", 대영사, pp1-18
- 2. 김채승, 윤창진(2001), "ESRI ArcView 지리정보체계", 대영사, pp33-46
- 3. 대한지질학회(1999), "한국의 지질", 시그마프레스, pp323-362
- 4. 신희순 외(2002), "토목 기술자를 위한 지질조사 및 암반분류", 구미서관, PP42-50
- 5. 유병옥(1998), "암반절취면의 안정성 평가 및 대책에 관한 연구", 한양대학교 박사학위논문, 342p.
- 이용희(2004a), "고속도로 암반사면의 안정성 평가 및 공간정보 모델링을 이용한 위험도 작성", 전남 대학교 박사학위논문, 220p.
- 7. 이용희, 김종렬(2004b), "로지스틱 회귀분석을 통한 암반사면의 안정성 평가법 제안", 터널과 지하공
 간, 한국암반공학회지 제14권 제2호, pp.133-141
- 8. 이희연(2003), "GIS : 지리정보학", 법문사, pp174-180
- 9. 한국지질자원연구원(2001), "1:1,000,000 한국지체구조도", 한국지질자원연구원
- 10. 한국지질자원연구원(2003), "1:250,000 수치지질도", 한국지질자원연구원
- 11. 한국시설안전기술공단(2003), 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(절토사면)」, 한국시설안전기술 공단, 135p.
- 12. Bruce, E. Davis(1996), "GIS : A Visual Approach", OnWord Press, pp374
- 13. Charles A. Kliche(1999), "Rock Slope Stability", SME, pp253
- 14. ISRM(1981), "Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities", Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods, Pergamon Press, pp.31
- Mainalee, B. P. et al.(1999), "Preliminary landslide hazard mapping along a hill road in western Nepal", Proceedings of the International Symposium on Slope Stability Engineering Vol. 2, pp.1253-1258