

Surface Mapper를 이용한 암반의 불연속면 조사 방법

지인택¹⁾, 심한식²⁾, 황상기³⁾

¹⁾ (주)드림이엔지 토질및기초기술사(427)

²⁾ (주)드림이엔지 토질및기초기술사(647)

³⁾ 배재대학교 교수

1. 서론

암반사면에 분포하는 불연속면의 조사는 흔히 육안관측과 클리노콤파스를 이용한 수작업으로 이뤄졌다. 본 조사방법은 수작업으로 조사하고 있는 절토사면 현황도 작성을 기계적 원격 조사 방법으로 전환함으로써 작업효과를 극대화하기 위하여 제안되었다.

1.1 연구목적 및 필요성

- 최근 건설교통부에서는 사면대장을 시공부터 준공 단계까지 작성하여 준공 후 사면의 유지관리 자료로 활용하고 있음.
- 사면대장은 다수의 인원과 많은 시간이 소요되는 작업으로서 기계적 원격 시스템을 적용하여 조사 시간을 단축시켜 인건비를 최소화 하고 조사의 정밀도를 높일 필요가 있음.

1.2 주요 적용내용

- 암반의 Face Mapping 조사를 신속하게 처리
- 개인의 숙련도에 따라 발생하는 지표지질조사의 오차를 최소화
- 조사 불가한 위치에서의 Face Mapping 처리
- 조사에서 사면붕괴 예측 까지 one-stop 시스템
- 입체사진과 전산알고리즘을 활용한 조사로서, 조사 후 자료의 자동적인 데이터베이스가 가능함
- 데이터베이스가 제작되면 GPS를 활용하여 암반의 불연속면에 대한 붕괴 이력 추정

1.3 기대성과및 활용방안

- 신속한 사면안정 예측으로 사면 복구비용 최소화
- 조사 자료를 수치화 할 수 있으므로 사면녹화 후에도



그림 1. 높은 암사면등 위험지역 측정의 어려움



그림 2. 낙석 방지망 및 낙석방지책등으로 인한 접근의 어려움



그림 3. 기시공된 비탈면 및 추가붕괴 위험지역 측정의 어려움

붕괴이력을 추정할 수 있고 대책을 수립할 수 있음.

- 조사의 오차를 최소화 할 수 있으므로 신뢰도 높은 자료를 획득할 수 있고 사면붕괴 가능성을 신속하게 예측할 수 있음.

노컴파스를 이용한 수작업에 의존하였다. 이 방법은 접근성이 용이한 자연사면에서는 실용성이 높지만 절취사면과 같이 급경사로 형성된 깎기 비탈면에서는 접근성이 불량하여 측정이 불가하거나 간접적 방법으로 측정을 실시할 수밖에 없기 때문에 측정값이 사면을 대표하는 값으로 이용하기가 어려울 뿐 아니라 정확성도 떨어지는 문제를 갖고 있다.

개략적으로 기존 수작업에 의한 조사의 문제점은 다음과 같다.

- 높은 암사면등 위험지역 측정의 어려움
- 낙석 방지망 등으로 인한 조사지역의 접근 불량

2. 원격조사의 장점

2.1 기존 조사방법의 문제점

암반의 불연속면을 측정하기 위한 기존 조사방법은 클리

기술기사

표 1. 암반 절토사면 현황도 작성 지침

관련지침	내 용
시설물의 안전관리 관한 특별법	제2조에 의한 1, 2종 시설물의 절토사면 현황도 작성기준에 의해 안전관리계획 수립대상인 수평연장 200m 이상의 절토사면(연직높이 50m이상) 및 터널 입·출구부 절토사면의 절토사면 현황도 작성은 정기안전점검 및 초기점검에 포함하여 작성한다.
건설교통부 내부지침	- 절토사면 높이(수직고) 6m이상의 녹화 시행예정인 암반 절토사면에 대해 현황도 작성한다. - 절토사면 현황도는 대장으로 만들어 준공시 제출 하여야 한다.

- 터널 등 단시간에 조사를 요하는 지역의 측정한계
- 측정오류 발생 및 정정의 어려움
- 데이터 부족 및 신뢰성 하락

2.2 원격조사의 장점

수작업으로 실시하고 있는 절취된 암반표면의 지질구조(Face Mapping)조사를 기계적 원격조사기법으로 전환하여 현장에 적용함으로써 조사에서 사면붕괴 예측까지를 one-stop으로 처리 할 수 있다. 이 방법을 이용하면 기존조사 방법의 문제점을 단시간에 해결할 수 있을 뿐만 아니라 모든 자료를 database화 할 수 있으므로 사면의 정보화 처리가 매우 용이하게 된다.

3. 절토사면 현황도 작성 지침

최근 기상이변으로 집중폭우가 국부적으로 집중되면서 공사중, 준공후의 비탈면의 붕괴가 빈번히 발생하고 있다. 그러나 피해가 발생하여도 준공후의 사면은 암반이 녹화 등으로 피복되어 비탈면의 거동을 사전에 파악하기 어렵고 복구대책 수립도 매우 어려운 실정이다.

이와 같은 문제점을 개선하고자 건설교통부에서는 업무지침 및 특별법등으로 절토사면 현황도 작성을 의무화 하도록 하고 있어 조사 접근이 어려운 지역에서는 원격조사의 필요성이 절실히 요구된다.

4. 원격조사 장비 개발

배재대학교 황상기 교수는 암반의 불연속면 조사에 이용되는 원격조사 장비를 수차례 시험을 통하여 개발하였고, 그 이름을 SURFACE MAPPER라고 명명하였으며, 장비의 실용화는 (주)드림이엔지 지반공학부에서 맡아 수행하고 있다.

4.1 Surface Mapper의 개발

고안된 기기장치는 두 카메라의 거리를 측정하기 위하여 단거리의 수평이동이 가능한 슬라이더와 카메라의 수평과 회전을 가능하게 하는 마운트 장치로 구성된다(그림.4a). 이 장치를 이용하여 절취면에 분포하는 면구조의 주향과 경사를 측정하는 과정은 아래와 같다.

- ① <그림.4b>와 같이 두 셋의 디지털 카메라의 수평을 맞추고 두 카메라의 고도 역시 동일하게 맞춘다. 이는 입체영상을 획득하기 위해 이격시킨 두 카메라의 영상이 수평관계를 가지므로 수평 이격 영상의 획득을 가능하게 한 것이다.
- ② <그림.4c>와 같이 한쪽 카메라를 90도 회전하여 회전된 카메라가 다른 카메라를 조준하게 된다.
- ③ 슬라이더를 이용하여 회전된 카메라에서 두 입체영상을 획득한다. 슬라이더에서 카메라의 이격거리는 정확히 계산되며 카메라들이 모두 동일 수평면에 위

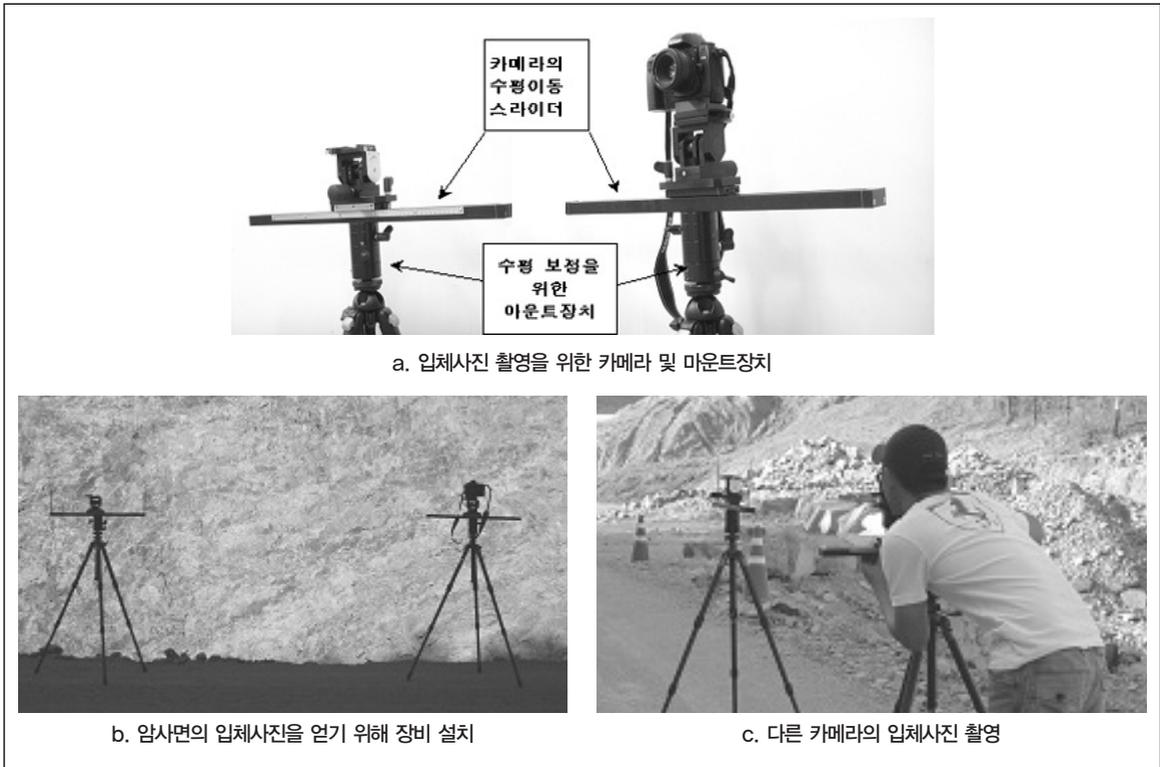


그림 4. 입체사진을 위한 카메라 설치

치하므로 두 카메라의 거리를 계산할 수 있다.

- ④ 회전된 카메라 마운트를 다시 원위치로 이동한 후 두 셋의 카메라를 이용해 암반 절취면의 입체영상을 획득한다.
- ⑤ 입체 영상을 이용하여 면구조의 주향과 경사를 측정한다.
- ⑥ 3차원 좌표를 이용하여 면구조의 주향과 경사가 측정되며, 필요한 경우 3차원 표면 모델을 수행한다.

4.2 Software 개발

영상에서 정합점을 자동으로 찾기 위하여 전술한 원리를 적용하여 s/w가 제작되었다.

영상처리와 측정을 위한 s/w는 Visual Basic 언어와 ESRI의 MapObject 콤포넌트 및 AutoCad 콤포넌트를 이용해 작성되었다. <그림.5>는 면의 배열과 3차원 모델을 수행하는 s/w의 폼과 메뉴들이다.

5. 분석 절차

분석과정은 1단계 입체 사진 촬영, 2단계 불연속면 분석, 3단계 안정성 검토 과정으로 진행된다.

기술기사

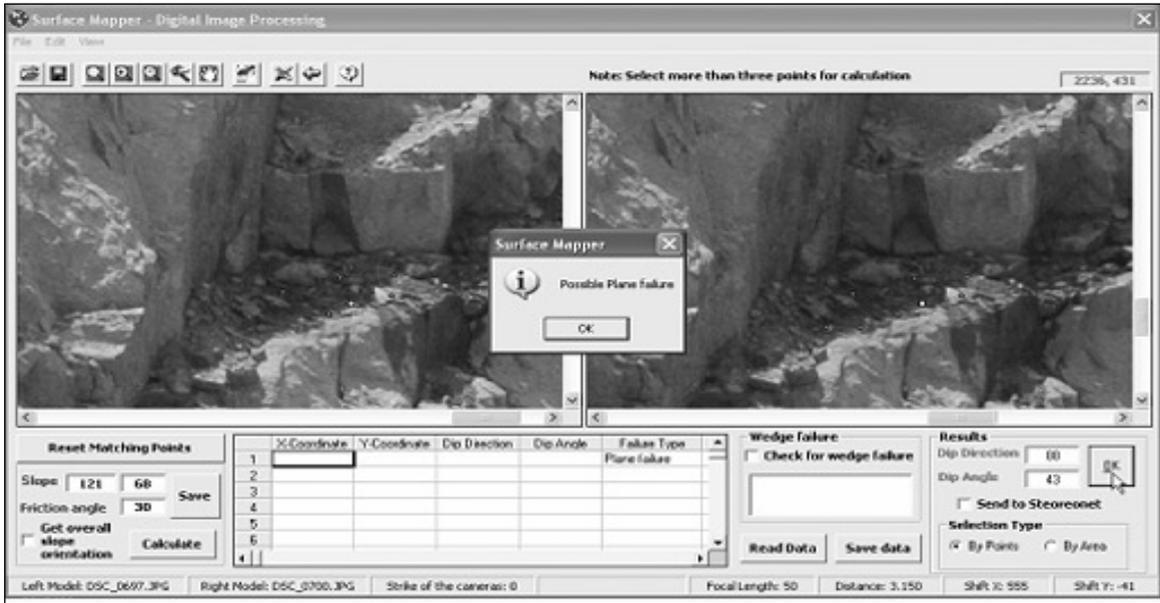


그림 5. 개발된 소프트웨어를 이용하여 사진으로부터 주향과 경사를 측정

5.1 입체사진 촬영(1단계)

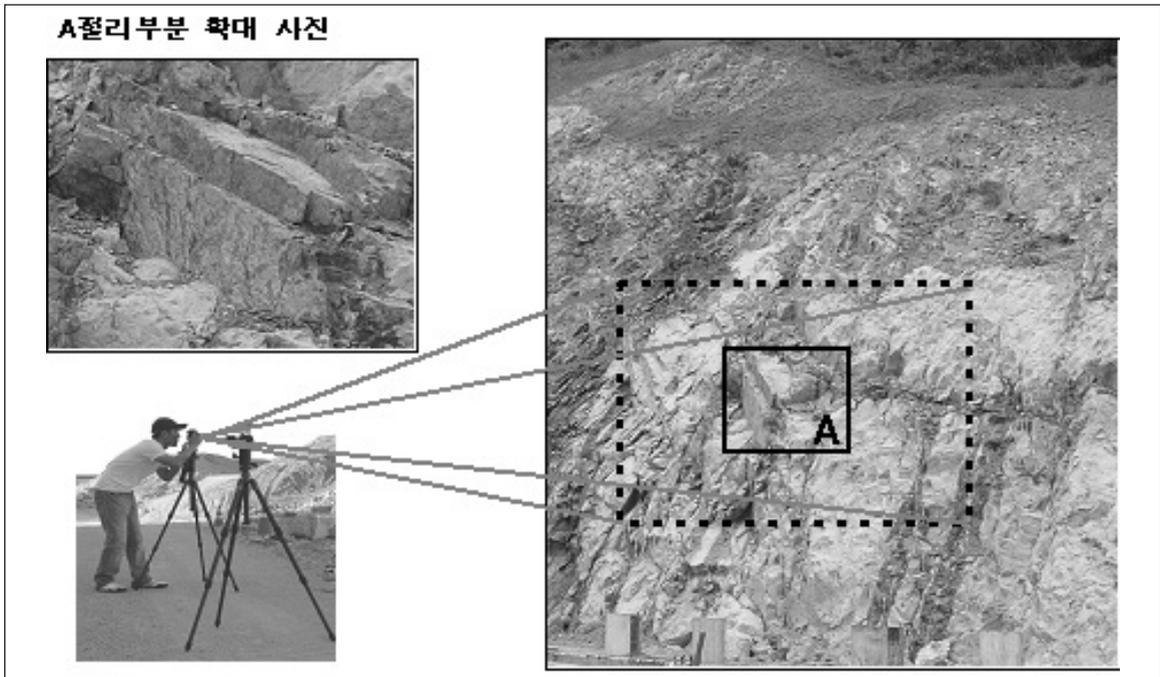


그림 6. 구간별 입체사진 촬영

5.2 불연속면 분석(2단계)

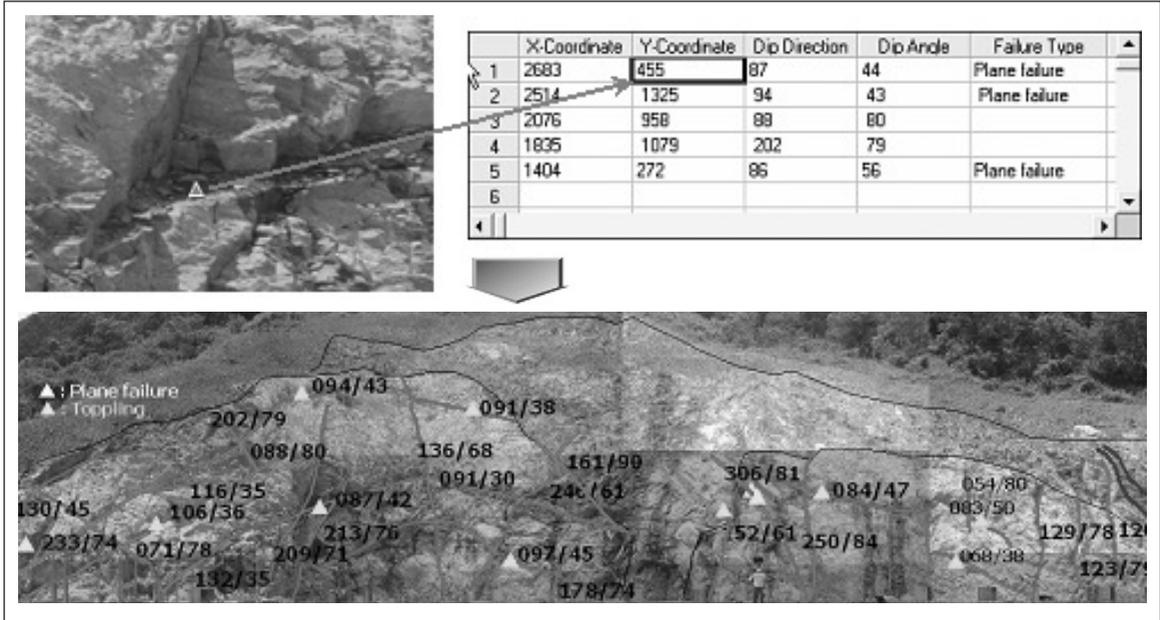


그림 7. s/w로 불연속면 분석

5.3 안정성 검토(3단계)

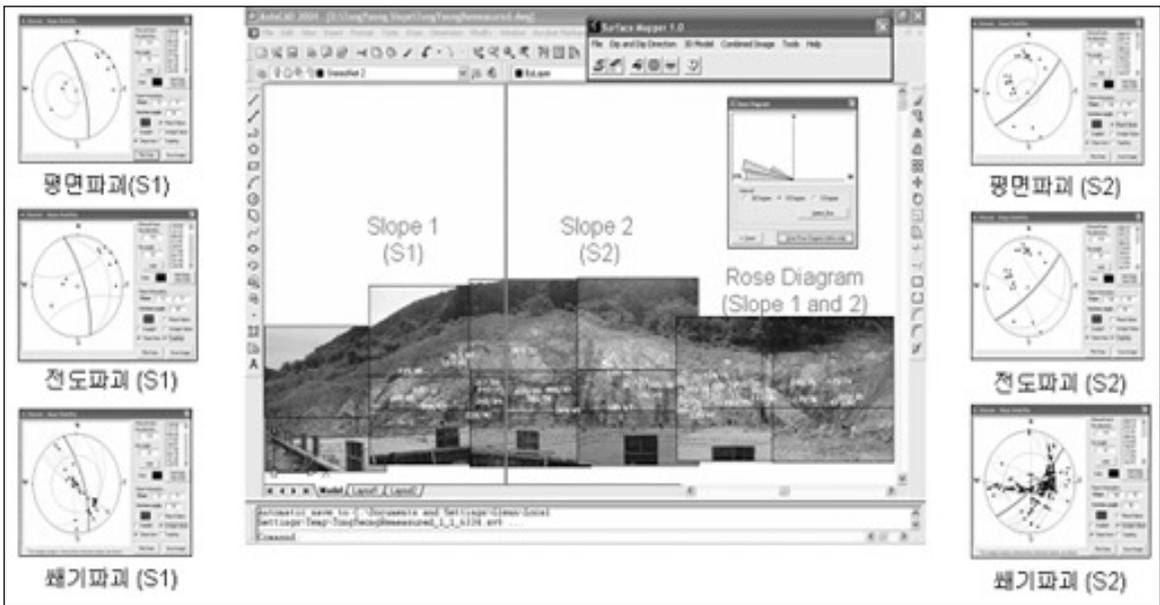


그림 8. 평사투영법에 의한 안정성 검토

기술기사

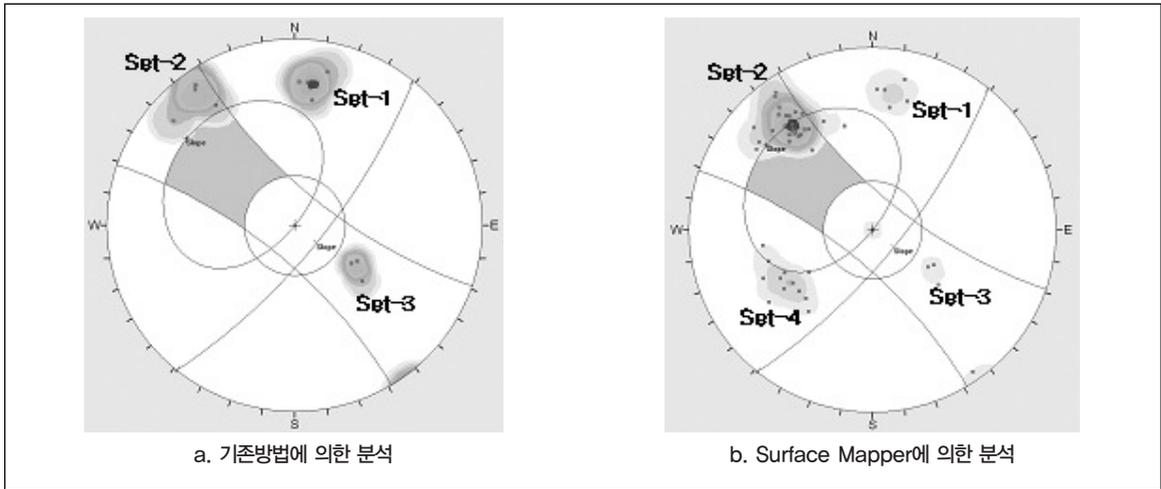


그림 9. 평면파괴 분석 비교

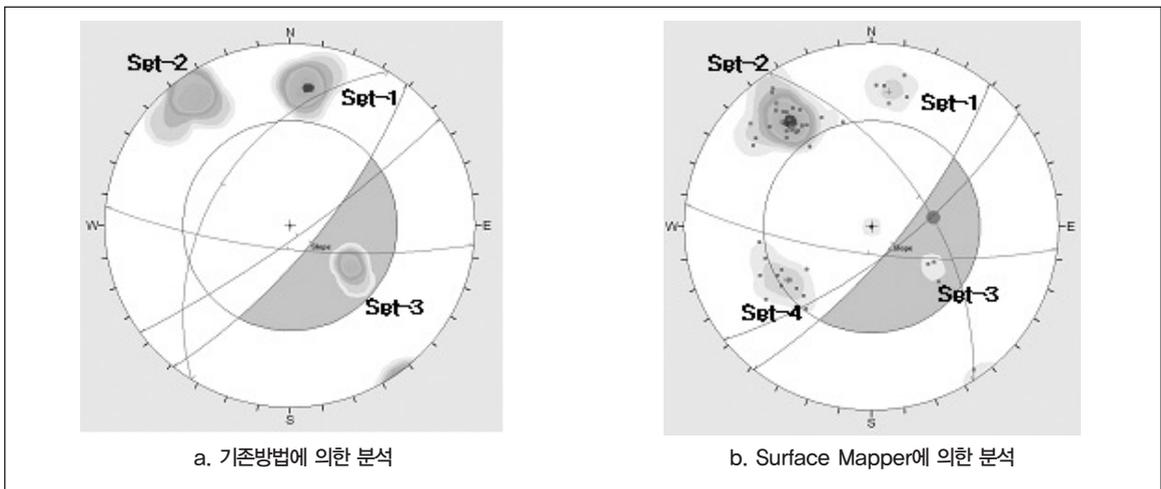


그림 10. 썰기파괴 분석 비교

6. 분석 결과

6.1 평면파괴 분석

〈그림.9〉는 동일한 사면에서 수행한 평면파괴 가능성을 비교 분석한 자료이다. 기존의 클리노콤파스를 이용한 방법은 조사 자료가 충분하지 못하여(조사접근 불가) 중요

한 Set-4 영역을 조사하지 못하였는데 반하여, 〈그림.9b〉의 Surface Mapper를 이용한 방법은 조사 자료로써 필요한 주절리, 부절리에 대하여 충분한 데이터를 얻을 수 있기 때문에 분석의 신뢰도를 높일 수 있었다.

6.2 썰기파괴 분석

〈그림.10〉의 분석 결과 기존방법은 조사자료의 불충분

으로 썬기파괴 가능성을 분석할 수 없었으나, <그림.10b>의 Surface Mapper에 의한 방법으로는 Set-2와 Set-4에 의한 썬기파괴 가능성을 분석할 수 있었다.

7. 결론

Surface Mapper는 절취된 암반표면의 지질구조를 사진으로 측정하기 위한 카메라 시스템과 소프트웨어로 구성되어 있으며 그 정확성은 황상기(2005)에 입증되어

있다.

Surface Mapper의 우수성을 요약하면 다음과 같다.

- 기존 방법의 비해 절토면의 접근성 우월
- 오토캐드 연계 및 장비 취급 용이로 작업속도 향상
- 다수의 데이터 확보로 분석결과의 정확성 향상
- 접근성 불량으로 수작업으로는 조사하기 어려운 부분의 위험절리 파악
- 위험성이 있는 구조대 집중분석 가능
- 자료의 Database화 용이

[참고문헌]

1. 황상기(2005), "입체사진을 이용한 원거리 면구조 측정", The Journal of Engineering Geology, Vol.15, No.2, June, 2005, pp201-212
2. 유복모, 박운영, 양인태(1983), "사진측정기법을 이용한 사면의 경사와 주향결정에 관한 이론적 고찰", 대한토목학회, 제3권, 제3호, pp129-135
3. 이승호(2005), "3차원 영상처리를 이용한 암반사면 절리 측정 연구", 대한토목학회 논문집, 제25권, 제2호, pp79-84
4. 황상기(2000), "암반의 불연속면 배열을 측량하는 원격 영상 측량기", 한국지반공학회 2000 가을학술발표회 논문집, pp697-704
5. 황상기(2001), "암반 불연속면의 원격 영상측량 기법", 대한지질공학회지, 제11권, 2호, pp205-214
6. Kemeny, J. and Post, R.(2003), "Estimating three-dimensional rock discontinuity orientation from digital images of fracture traces. Computers & Geosciences 29(1), pp65-77
7. Linkwitz, K.(1963), "Terrestrisch-photogrammetrische Kluftrmessung. Rock Mechanics and Engineering Geology 1, pp152-159
8. Manh, N. V. and Hwang, S. G.(2004), "Image processing for the strike and dip measurement for the excavated rock surface", Annual Meeting of the Korean Society of Economic and Environmental Geology, pp87-91
9. Rengers, N.(1967), "Terrestrial Photogrammetry: A valueable tool for engineering Geology V, pp150-154