

3D 모델링기법을 이용한 사면안정해석

정창엽¹⁾, 박형동²⁾

1. 서 론

암반사면의 경우 토사사면과는 달리 암석의 풍화정도나 불연속면의 특성 등에 의해 다양하고 복잡한 형태의 파괴 형태를 가지게 되며, 사면에 내재된 구조적 결함은 암반의 강도를 저하시키고 굴착면에 대해서 특정방향으로 응력을 집중시키는 결과를 가져와 사면의 안정성을 떨어뜨리게 되므로 사면안정해석을 통해 구조적 결함을 미연에 분석하는 것이 중요하다. 불연속면은 사면안정해석에서 가장 중요한 인자로서 암반 자체의 강도가 매우 크다 할지라도 암반사면의 파괴는 주로 암반 내에 발달하고 있는 불연속면을 따라 거동한다. 암반사면의 불연속면 측정을 위해 최근 위치의 제약을 극복할 수 있는 대안으로 비접촉식 방식이 국내외에서 일부 이루어지고 있다(정창엽과 박형동, 2003). 이는 사진측량이나 레이저 측량 등의 원거리 측정방식을 이용하여 사면의 절리면을 가상으로 추출하여 방향성을 측정하는 기법으로 조사자의 안전성을 확보하고, 정밀하게 측정할 수 있다(Feng 외, 2001).

본 연구에서는 레이저 측량 기법을 통해 대상 암반의 수치데이터를 추출하여 암반 사면에 직접 접촉하여 실시했던 절리방향성 측정, 거칠기측정 등을 정밀하게 구현된 가상사면을 이용하여 가상환경 아래 측정하였고 평사투영법을 통해 사면안정해석을 실시하였다.

2. 적용실험 및 결과

사면의 수치데이터 추출에 사용된 장비는 triangulation 방식으로 3차원 좌표를 추출하는 MENSİ 사의 S25 laser scanner를 사용하였다. Fig.1.은 3차원 좌표를 기반으로 Rapidform2002를 이용하여 구현한 가상사면을 보여준다.

2.1 방향성 측정

가장 취약한 불연속면의 경사와 경사방향에 따라 암반의 파괴 형태가 결정된다. 이러한 불연속면의 방향성은 불안정한 조건과 과도한 변형의 발생을 제어하기 때문에 방향성 측정은 암반사면의 안정해석에 필수적이다.

주요어 : 사면, 레이저측량, 3D, 방향성, 거칠기 측정, 평사투영

1) 서울대학교 지구환경시스템공학부 (jcy23@snu.ac.kr)

2) 서울대학교 지구환경시스템공학부 (hpark@snu.ac.kr)



Fig.1. Rapidform2002를 이용하여 구현한 가상사면

전통적인 측정방법은 클리노미터를 이용하여 암반 노두에 접근하여 직접 dip 과 dip direction을 측정하였다. 이때 노출된 면의 면적과 평면의 평탄도, 위치에 많은 영향을 받게 된다. 제안된 측정 방법은 첫째, 사면의 좌표를 기준 좌표로 보정한다. 둘째, 사면의 3차원 위치정보를 point vector 로 전환한 후, 이를 raster map으로 변환하여 raster map 상에서 dip과 dip direction을 구한다. 이때 각각의 raster의 pixel은 dip과 dip direction의 정보를 가지게 되고, 이를 다시 100×100의 크기를 가진 point vector로 재전환한 후, 각 좌표별 dip/dip direction 자료를 얻는다. Fig.2는 대상노두에 100×100의 격자를 씌운 모습이다. Table.1은 각 좌표에서 추출된 절리 방향성을 보여준다.

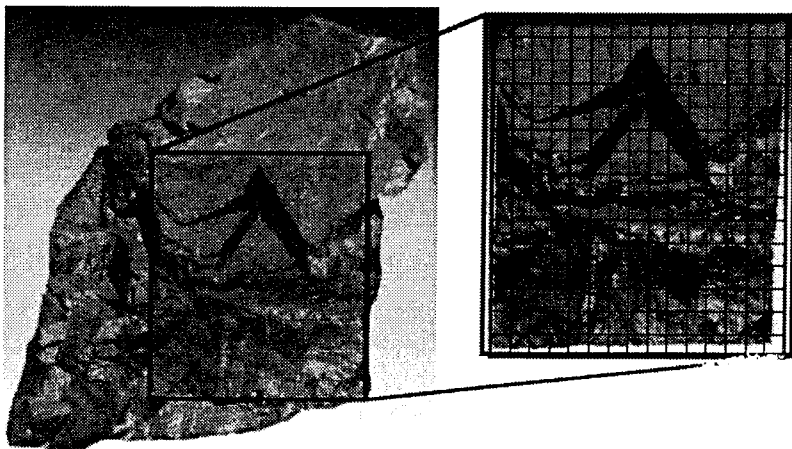


Fig.2. 대상영역을 선택하여 100×100의 격자를 씌운 모습

x_position	y_position	dip direction	dip
-10438.5	27232.34	270	58
-10389.5	27232.34	270	64
-10340.6	27232.34	248	56
-10291.6	27232.34	90	73
-10242.7	27232.34	47	53
-10438.5	27179.5	313	90
-10389.5	27179.5	270	90
-10340.6	27179.5	260	58
-10291.6	27179.5	261	57
-10242.7	27179.5	47	65
-10193.7	27179.5	47	43
-10487.4	27126.66	270	87
-10438.5	27126.66	313	64
-10389.5	27126.66	277	35
-10340.6	27126.66	289	42
-10291.6	27126.66	248	58
-10242.7	27126.66	258	56
-10193.7	27126.66	47	58

Table.1. 각 좌표에서 추출된 절리 방향성

2.2 거칠기 측정

절리의 거칠기 역시 전단강도의 중요 인자이며, 이는 전단변형에 영향을 준다. 기존의 profiler를 이용하여 직접 추출하던 방식 대신, rendering 된 3D 사면의 profile을 추출하여 측정하는 기법을 제시하였다.

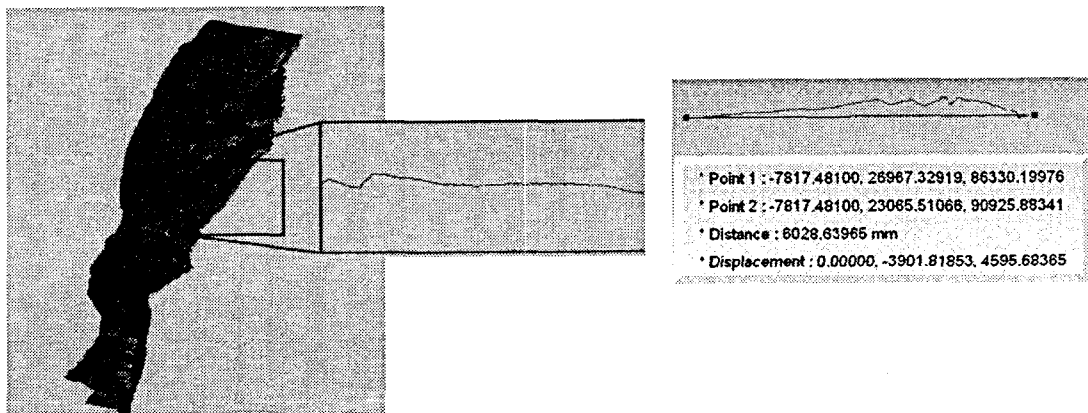


Fig.3. 대상사면의 단면으로부터 거칠기를 추출하는 모습과 추출된 단면

2.3 평사투영 해석

추출된 절리 방향성과 사면각, 내부마찰각을 이용하여 평사투영 해석을 실시하였다.

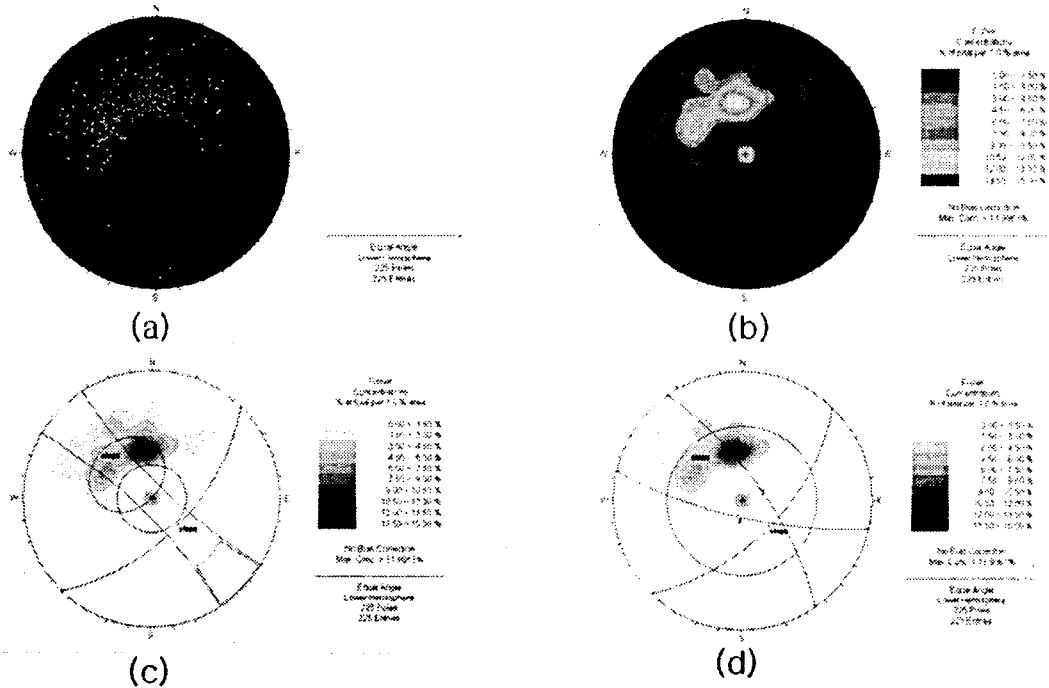


Fig.4. (a)Pole Plot (b)Contour Plot (c)평면 및 전도파괴분석 (d)썩기파괴분석

3. 결 론

기존에 현장조사로 수행되어 오던 방향성 조사, 절리면 거칠기측정, 절리 간격 조사 등이 가상 사면을 통해 수행될 수 있다. 가상사면을 통한 조사는 조사자의 안전성을 보장하면서 정밀한 조사결과를 접근성의 제약 없이 얻을 수 있는 장점을 가진다. 기존의 방법이 조사자의 접근성과 계측기기의 접촉성 등으로 인해 많은 제약을 받았으나, 가상사면을 이용한 조사로 사면의 전 지역에서 원하는 자료를 얻을 수 있다. 이때 사면의 수치데이터의 정확도가 곧 결과의 정확도가 된다. 얻어진 자료를 이용하여 평사투영으로 평면, 썩기, 전도파괴가 일어날 수 있는 지역을 가상사면을 통해 도시할 수 있으며, 절리face를 이용한 방식과 혼합한 형태로 더 정확한 분석방법을 개발할 수 있을 것이다.

4. 참고 문헌

- 정창엽, 박형동, 2003, 3D laser scanning 및 수치사진측량을 이용한 암반 사면의 DEM 추출 기법, 터널과 지하공간, 제 13권, 제 3 호, 1-8.
- Feng, Q., Sjogren, P., Stephansson, O., and Jing, L., 2001, Measuring fracture orientation at exposed rock faces by using a non-reflector total station, Engineering Geology, 59(1-2), 133-146.