

3차원 레이저 스캐너를 이용한 사면 관리기법 연구

오석훈¹⁾, 임은상, 장봉석
한국수자원공사 수자원연구원

요 약

최근의 급속한 기술 발달을 통해 고전적인 측량 기법을 극복한 3차원 레이저 스캐너를 댐 관리기법의 연구에 적용하였다. 다목적댐과 같은 대규모 댐의 경우, 댐체 변형 특성 파악 및 주변 사면 안정성 연구 등과 관련하여 많은 측량이 필요하지만, 주로 제한된 점 (point)자료를 획득하여 분석하는 데 그쳤다. 본 연구에서는 이를 극복하기 위하여 3차원 레이저 스캐너 장비를 도입하여 조사하고자 하는 대상체에 대해 3차원 디지털 좌표를 다량으로 획득하여 이를 분석 처리함으로써 보다 효율적으로 댐 관리가 이루어지도록 하였다.

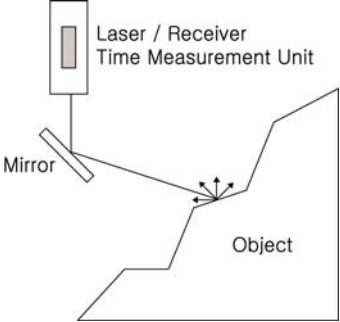

본 연구에서는 보강 사면에 대한 변형 특성을 파악하기 위해, 7개월 간격으로 3차원 스캐닝을 통해 좌표 값을 획득하여 이의 분석을 통해 향후 거동에 대해 예측하였다. 분석을 위해 두 시기의 스캐닝 자료를 병합(registration)하여 상대차이를 분석하고, 틀어진 각을 측정하였다.

또한 도면이 존재하지 않는 지자체의 댐에 대한 신속 측량을 3차원 레이저 스캐너로 대체하기 위한 방안에 대해 제시하고, 준공예정인 댐에 대한 스캐닝을 수행하여 설계 도면과의 비교 검토 결과를 분석하였으며, 향후 다양한 이용 방안에 대한 검토와 토론을 제안하고자 한다.

레이저 스캐닝의 원리

3D Laser Scanner는 상대적으로 짧은 시간 안에 대상물체 표면의 수많은 점(point)군들의 3차원 좌표로 기록된다. 이를 완성하기 위해서는 물체 표면위에 laser beam을 투사해야 한다. 이러한 scanning 효과는 일정량 굴절각의 증분에 따른 하나 또는 두 개의 mirror를 사용하여 수행되고 물체는 완전한 3차원 point의 적용범위를 달성하기 위해 회전될 수도 있다. 그 반사하는 point 위치를 결정하는 것은 거리와 각이므로 각 결정의 높은 정밀도 기록이 중요하다. 레이저 스캐닝의 주된 측정 방법은 다음과 같다.

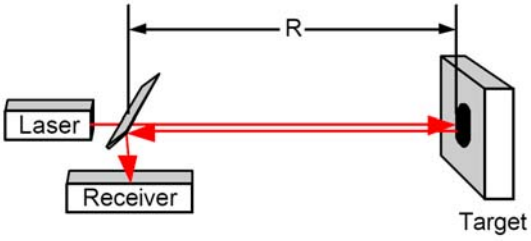
1) 한국수자원공사 수자원연구원 E-mail: gimul@geo.re.kr

	
<p>Time-Of-Flight 측정원리</p>	<p>MENSİ GS-200(France) 측정장비</p>

● Time-Of-Flight Method(TOF)

“Time-Of-Flight” 또는 “ranging” 으로 불리는 스캐너는 대상 물체로 레이저 빔을 보내는 레이저 diode가 장착되어있다. 그 빛은 표면에 의해 퍼지게 되고 일부 빛은 receiver로 되돌아온다. 이 방법은 Triangulation Method 보다 훨씬 더 먼 거리를 측정할 수 있다. 그러나 정확도가 다소 떨어지고 특히 근접 거리에서는 더욱 그렇다. 정확도는 몇 mm에서 2~3cm 이고 대상물체와 스캐너 사이의 거리의 확장에 의존한다.

대부분의 레이저 스캐너가 이 방법을 사용하고 있으며, 시간차를 사용하므로 측정 시간도 상당히 단축되는 장점을 가지고 있다.

	$R_{TOF} = c \frac{\tau}{2}$ <p>c : 빛의 속도 τ : 빛의 왕복시간</p>
<p>Schematic of the Time-Of-Flight principle.</p>	

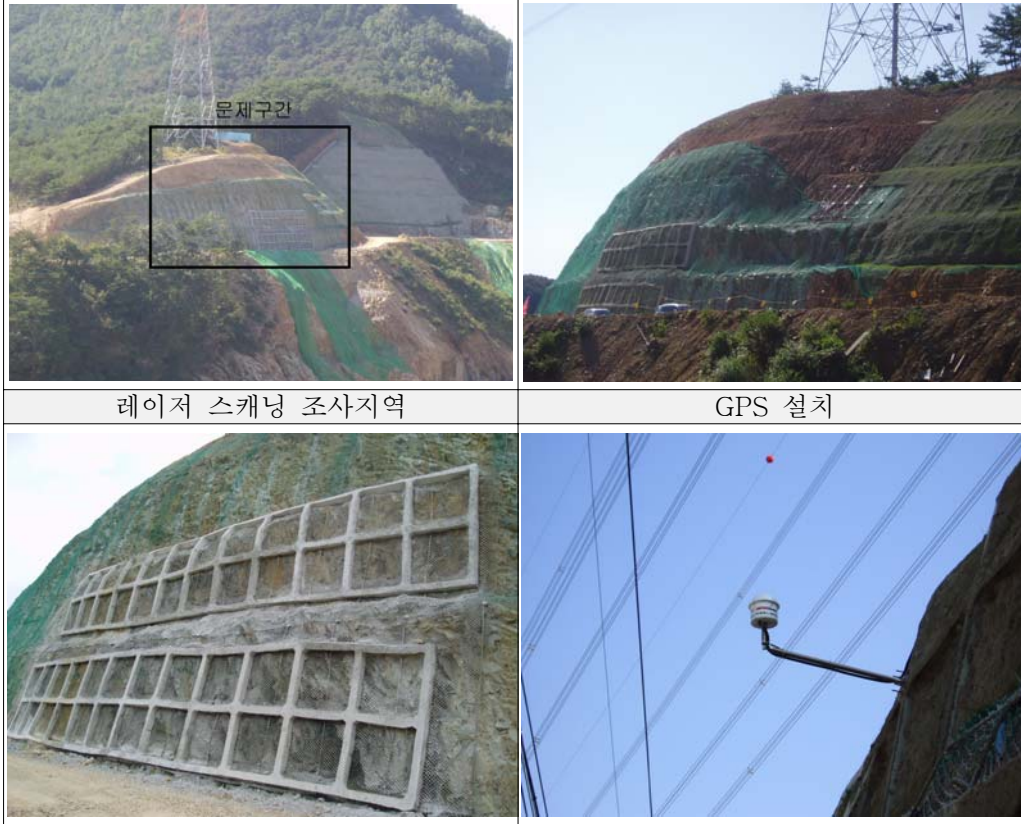
본 연구에서 이 방법을 이용한 장비는 프랑스 MENSİ 회사의 GS-200을 사용하였다. 이 장비의 성능은 1초당 5,000 포인트 측량, 300m의 측량거리, 360°(H)×60°(V) 측량범

위, 1mm~6mm Accuracy(정확도), 1~3mm Resolution(정밀도/격자), 1~25 Multi shot의 성능을 가지고 있다.

사면 보강 점검을 위한 스캐닝 모니터링

댐 건설현장의 우안사면 위에 대형 전신주가 설치되어 있는데, 이 전신주는 건설될 댐의 우안 상단에 위치해 있으며 사면과는 불과 5m 거리를 두고 설치되어 있다. 그리고 사면은 풍화가 심하고 절리면의 분포가 심해 이런 대형전신주가 사면 안정에 피해를 끼칠 우려가 있다고 판단되어, 전신주를 옮기는 것이 가장 좋은 방법이겠으나 현장 여건상 이 전신주를 옮기는 것은 불가능 하여, Nailing공법, 녹화공법, 격자틀 앵커를 이용한 방법 등 여러 가지 보강공법으로 사면을 안정하게 유지하고자 하였다. 그러나 보강공법만으로 장기적으로 사면의 안정이 유지되고 있는지, 또 얼마나 변형이 일어나고 있는지 알 수가 없었다. 그래서 이러한 문제점을 보완하고자 본 연구에서는 3차원 레이저스캐닝을 이용하여 사면에 설치한 격자틀 앵커 토류구조물의 3차원 변위를 측정하고자 하였다.

댐 우안사면 보강구간



1차 스캐닝은 2004년 10월 5일, 2차 스캐닝은 2005년 5월 1일 두 차례 충분한 시간 간격을 두고 실시하였다. 격자 간격은 2cm, shot number는 4번으로 동일하게 설정하였다.

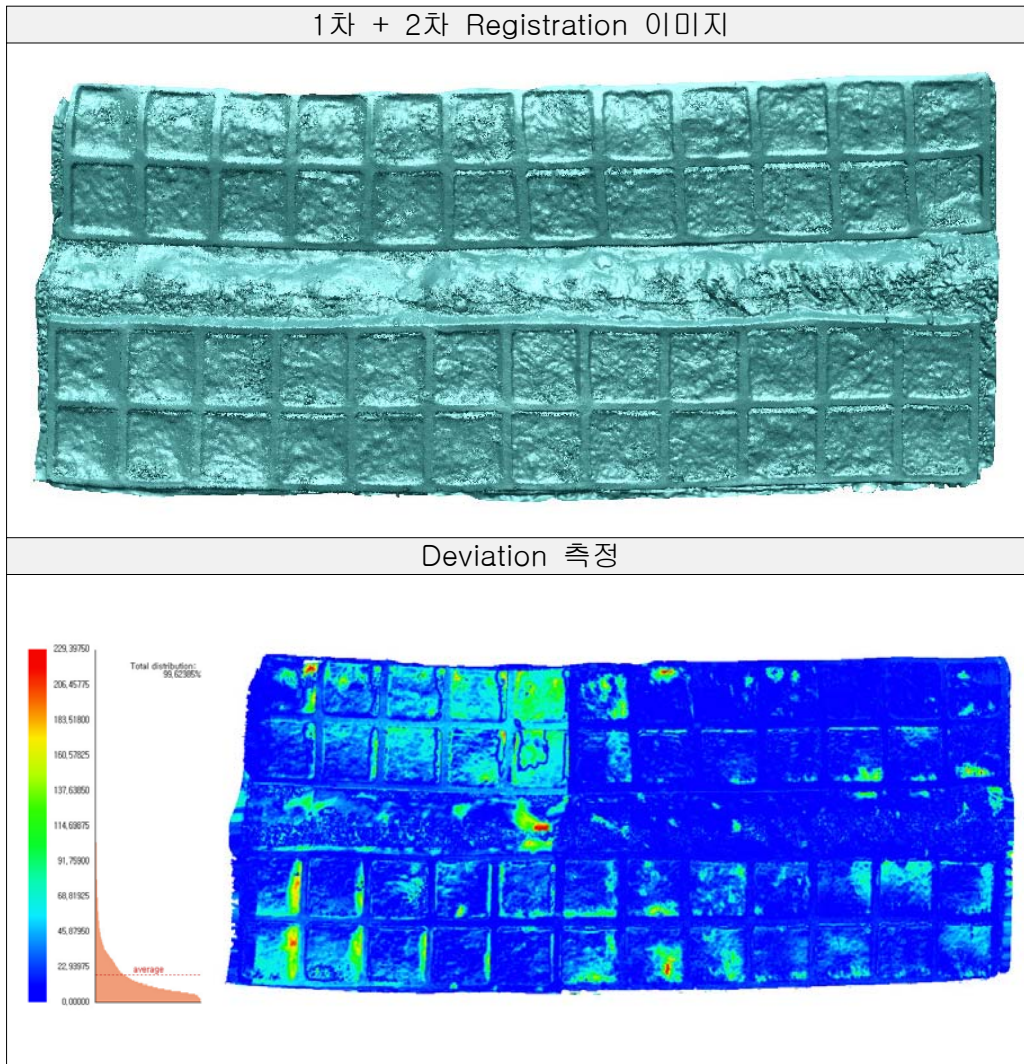
전체 사면을 스캐닝 하려고 하였으나, 설치해 놓은 철망으로 인해 사면은 의미가 없다고 판단, 격자틀만 스캐닝 하였다. 또한, 레이저 스캐닝과 함께 격자틀에 GPS도 설치하여 실시간 사면안정 모니터링을 실시하였다.

Deviation 측정

1차, 2차 3D Modeling 결과물을 이용하여 사면에 설치해 놓은 격자틀이 얼마만큼 변하였는지를 측정하는 작업이다. 변화 값이 distance로 나오기 때문에 변위를 측정하

고자 할 때 유용하게 이용할 수 있다.

측정 방법은 레이저스캐닝의 원리 중 Registration 기능을 이용한다. 이는 두 모델링의 공통점들을 병합 즉, Merging 하여 그 차이 값을 측정하는 방법이다.



Whole Deviation	
Num. of Shell	2
Num. of Effective Vertices	2396406
Sampling Ratio	100%
Minimum Distance	0.00001 (mm)
Maximum Distance	375.10674 (mm)
Average Distance	14.48435 (mm)
Standard Deviation	18.87211 (mm)

위 표는 Registration 한 두 모델링 결과물을 deviation 측정 결과이다. Average distance는 14.48435mm가 나왔는데 이는 1차와 비교하여 2차 스캐닝 조사 시기에 격자틀에 채워 놓은 흠이 갈라지고 풀이 자라서 실제 평균값은 더 낮아 질 것이라 판단된다. 그리고 Maximum distance가 크게 나온 이유 또한 위와 같은 결과 때문이라 판단된다.

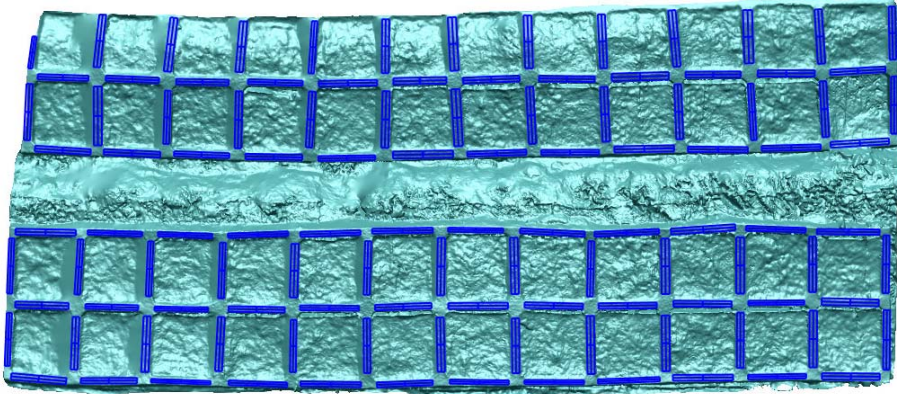
이 방법은 모델링한 전체적인 deviation을 측정한 것으로 전체적인 변화 양상만을 보여주기 때문에 격자틀 만의 변화 값을 추출 하는 데는 한계가 있었다.

격자틀 angle 측정

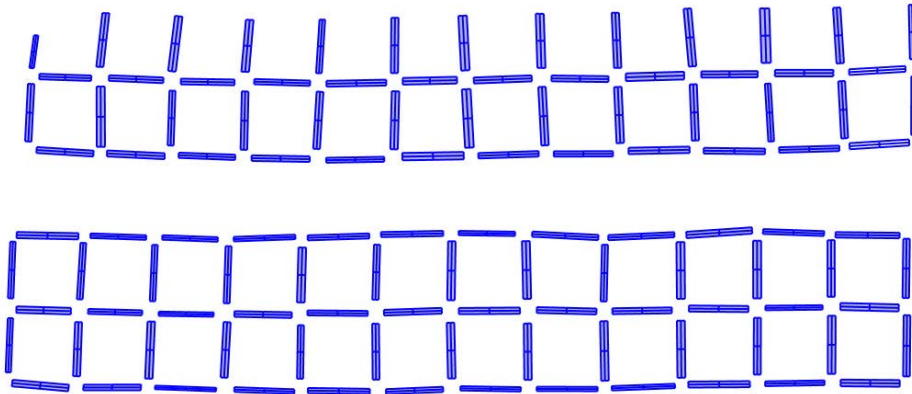
사각으로 만들어 놓은 각각의 격자틀에 번호를 부여하여 그 격자에 평균적인 임의의 plane을 생성하였다. 이 plane을 1차, 2차 스캐닝 결과물 모두에 생성한 후 같은 위치의 격자틀의 각을 측정하였다. 이때 Plane의 생성 방법은 격자틀에 random하게 여러 개의 포인트를 생성하여 그 포인트 들을 이어서 그 면의 평균적인 plane을 생성하였다.

① 전체 격자틀 Angle 측정

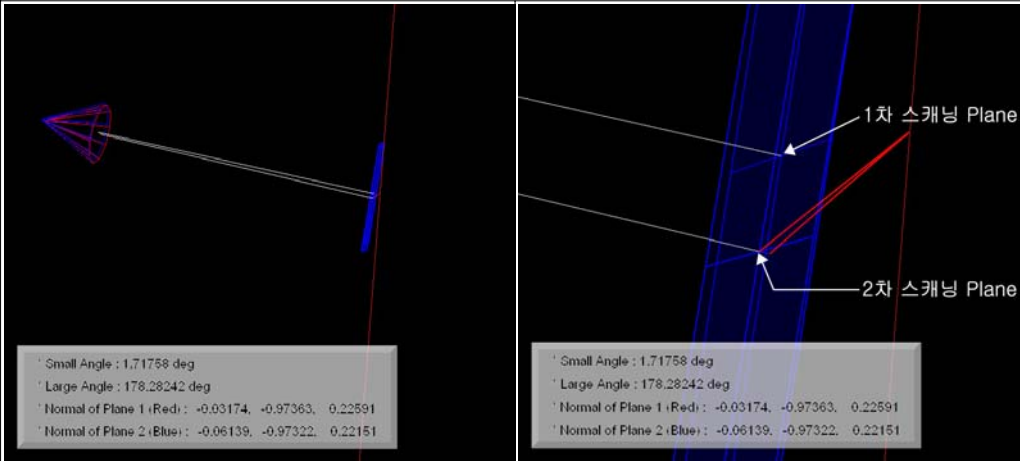
모델링 결과에 임의의 Plane 생성

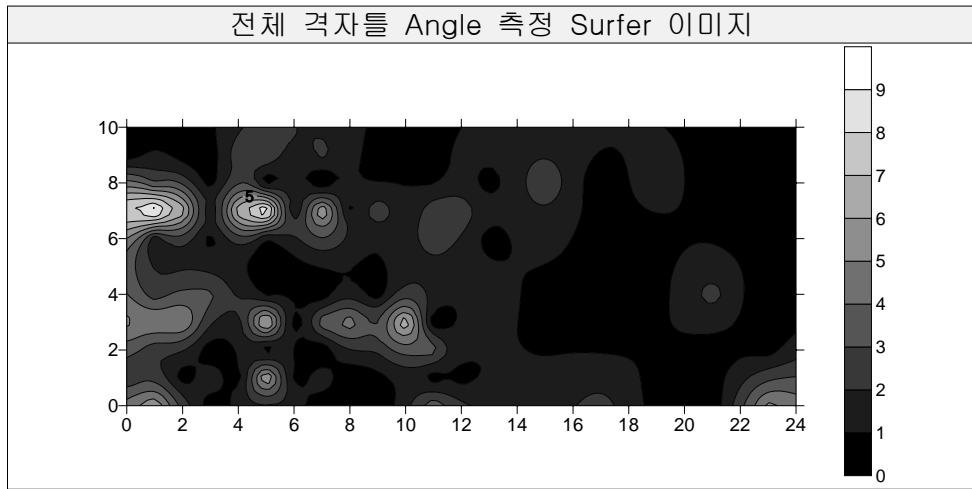


Plane



Angle 측정





결 론

사면의 안정을 위해 설치해 놓은 격자틀을 7개월 간격으로 3차원 레이저 스캐닝 조사를 실시하였다. 측정된 포인트를 3D Modeling 하여 격자틀의 deviation과 angle을 측정하였다. deviation 측정결과, 심한 곳은 약 2cm 정도의 변위를 보였고 평균적으로 1~5mm 정도의 변위를 보였다. 그리고 격자틀의 각을 측정 결과는 평균 2° 정도 차이를 보였다.

deviation과 angle 측정결과를 바탕으로 변위가 심한 곳의 위치를 설정하면 다음 그림과 같이 세 영역에서 변위가 많이 발생하였다.

영역설정

