

## 3D Laser Scanning을 이용한 댐체의 안정성 검토 A Examination on Stability of Dam using 3D Laser Scanning System

이재원<sup>1)</sup>·손호웅<sup>2)</sup>·윤부열<sup>3)</sup>

Lee, Jae One·Shon Ho Woong·Yun Bu Yeol

<sup>1)</sup> 동아대학교 토목공학부 교수 (E-mail: jolee@dau.ac.kr)

<sup>2)</sup> 배재대학교 공과대학 건설환경·철도공학과 교수 (E-mail: hshon@pcu.ac.kr)

<sup>3)</sup> 동아대학교 공과대학 토목공학과 (E-mail: yby915@nate.com)

### 요지(Abstract)

There is an inseparable relation between human race and engineering work. As world developed into highly industrialized society, a diversity of large structures is being built up correspondently to limited topographical circumstance. Though large structures are national establishments which provide us with convenience of life, there are some disastrous possibilities which were never predicted such as ground subsidence and degradation. It is very difficult to analyze the volume of total metamorphosis with the relative displacement measurement system which is now used and it is impossible to know whether there is structural metamorphosis within a permissible range of design or not. In this research with an object of 13-year-old earthen dam, through generating point-cloud which has 3D spatial coordinates(x, y, z) of this dam by means of 3D Laser Scanning, we can get real configuration data of slanting surface of this dam with this method of getting a number of 3D spatial coordinates(x, y, z). It gives 3D spatial model to us and we can get various information of this dam such as the distance of slanting surface of dam, dimensions and cubic volume. It can be made full use of as important source material of reinforcement and maintenance works to detect previously the bulging of the dam through this research.

Key words: 3D Laser Scanning, Point-cloud, Dam

### 1. 서 론

댐은 홍수조절과 전력을 생산하는 것뿐만 아니라 농업생산을 위한 관개사업 등 용수공급을 위한 중요한 토목 구조물이다. 댐은 경제적 발전과 함께 사회적 중요성에 대한 인식과 대형사고가 빈발함에 따라 인간의 생명과 구조물 안전이 중요한 관심사로 등장하고 있다. 따라서 구조물의 안전과 변형에 대한 안정성 검토가 증가되는 실정이다(박운용,2004). 최근 측량분야에서는 TS(Total Station), GPS(Global Positioning System), 관성 측량 시스템(ISS; Inertial Surveying System)과 같은 측량 기술로 측지 및 측량분야 뿐만 아니라 지각 및 구조물의 변위감시 등 매우 광범위한 분야에 활용되고 있다(이상윤,2005; 장상규외,2001). 그러나 현재까지 댐사면과 같은 대형 구조물의 안정성 해석 방법은 국지적 영역에서 측정된 불연속면의 방향성에만 의거하였으며, 실제 이상부분의 분포양상이 고려되지 못한 부분을 보강설계에 적용하여 국가 경제적 손실이 발생하기도 하였다.

현재까지 관례적으로 책정되는 조사예산 및 현장 접근성을 고려 할 때 극히 한계적으로 수행될 수밖에 없었고, 결과적으로 특성이 제한적으로 적용되어 비현실적인 경우가 발생하였다. 대표적 측량장비인 TS (Total Station) 장비를 이용한다면 대규모 구조물의 경우 전체적인 변형 양상을 파악하는게 아니라 일부 몇 개의 대표점을 측정하므로, 전체적인 변형을 확인할 방법이 없는 현실이다(윤부열,2005).

본 연구에서는 적절한 조사와 측량 자료의 D/B 구축을 위해서 기존의 TS 측위 방법을 이용하여 대표점

을 관측하고 3D Laser scanning을 이용하여 TS측위 방법과 비교 분석하여 댐의 위험성을 예측하고 안정성 유무를 판단할 수 있는 근거를 제시하여 적절한 대책을 강구할 수 있도록 한다.

## 2. 현장조사

본 연구에서 적용한 댐 Fig. 1 경기도 화성시 부근의 OO저수지로써 1993년에 준공한 필댐(fill dam)으로 현재 본 저수지의 주요 결함 사항은 제체 댐마루의 홍수위에 대한 여유고 부족, 상류사면측은 사석 이완·이탈, 하류사면측은 습윤상태 및 침투수 발생, 여수토방수로의 홍수배제능력 부족, 골재노출, 박락, 누수, 철근노출, 백태, 산축 압박 절리 및 균열로 위험 발생, 복통은 백태, 점토유출, 누수발생으로 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요한 D등급으로 평가하였다(농업기반공사,2005). 본 연구에서는 더욱 진보된 측량방법을 적용하여 댐체의 배불림(bulging)현상을 진단하여 더욱 안정적이고 정확한 보수 및 보강공사를 적용할 수 있는 방안을 제시하기로 하였다.

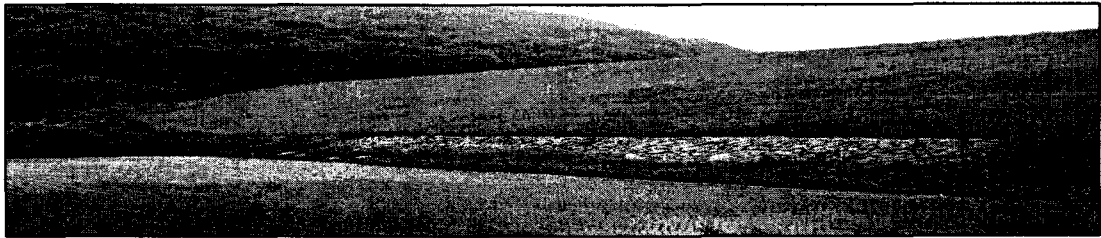


Fig. 1 storage OODam

## 3. 실험 및 자료처리

### 3.1 TS 측량기를 이용한 검사점 측량

3D Laser Scanning 실험에 앞서 TS장비를 이용하여 검사점 관측을 실시하였다. 본 지역의 Fig. 2와 같은 S사의 SET3130R3을 이용하여 TS 측위를 실시하여 Fig. 3과 같은 위치에 26점의 검사점을 TS를 이용하여 관측하였다.



Fig. 3 Check on Point

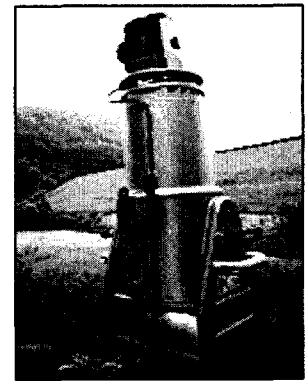


Fig. 2 LMS-Z420i

### 3.2 3D Laser Scanning 측량

본 연구에 사용된 장비는 Fig. 5는 R사의 LMS-Z420i 장비이고 붉은 라인으로 표시한 부분이 본 연구의 대상체이며 본 장비를 이용하여 약 20분간 관측하여 Fig. 4와 같은 측점군(point-cloud)을 나타내었다.

### 3.3 3D Laser Scanning 자료처리

3차원 레이저 스캐너에 의해 취득된 측점군(point-cloud)은 각각 3차원 공간 좌표값을 가지고 있다. 대상물의 크기가 클수록 이 점들의 수는 더 많아 질 것이며, 데이터 용량 또한 커진다. 스캐너의 장비와 설정에 따라 임의의 간격 즉, 해상도(resolution)를 가지고 대상 물체를 Scanning 한다. Scanning 하여 얻은 좌표값은 기계가 임의로 읽은 기계좌표에 의한 것이나, 점과 점 사이의 거리와 각은 실제사면

에서의 값과 같다. 시간당 취득하는 점의 수에 따라 Scanning 하는 시간이 결정되므로 Scan할 대상의 형상에 따라 적절히 선택한다. Fig. 4는 Raw data를 이용하여 불필요 측정군(point-cloud)을 제거한 작업과정을 행한 다음 Fig. 5와 같이 Tin을 형성하였고 Fig. 5는 1m 간격의 격자를 형성하였다.

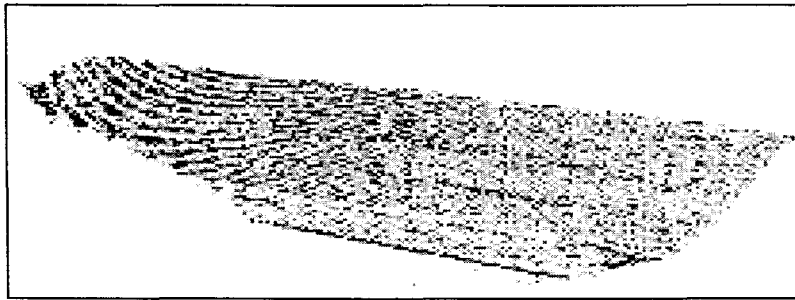


Fig. 4 Raw data after filtering

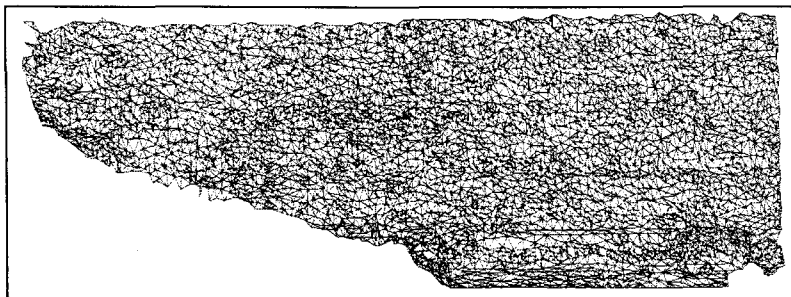


Fig. 5 Formation of TIN

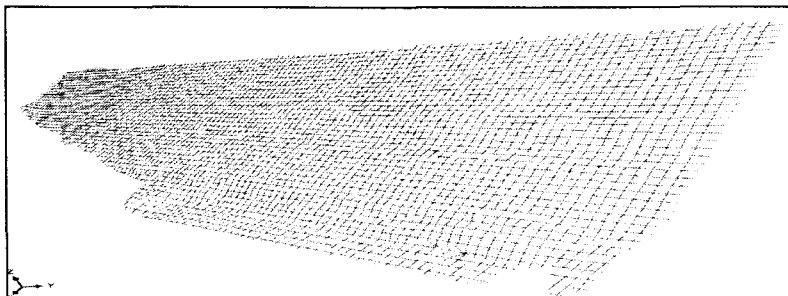


Fig. 6 Lattice of 1m space

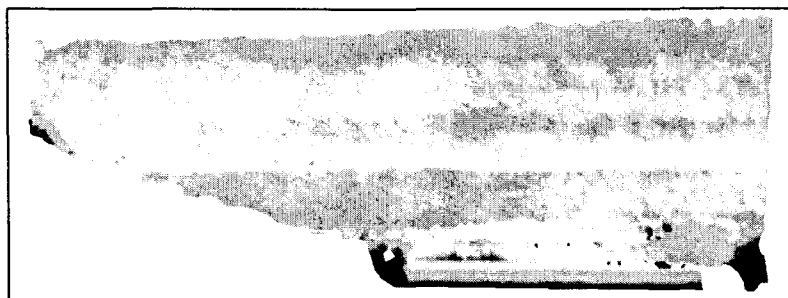


Fig. 7 Contour of Dem

위와 같은 순으로 자료처리 시킨 후 대상 댐이 실제로 배부름 현상이 보이는지 확인하기 위해서 Fig. 10과 같은 댐 사면의 분포도(contour)를 작성하였다. 이 방법은 대상면의 뒷부분에 대표 평면을 만들고 그 평면에 대한 분포도를 만들었다. Fig. 10과 같이 분석 결과, 육안으로 미약하게 확인할 수 있던 배부름 현상을 3D Laser Scanning을 이용함으로써 댐의 가운데 부분과 좌안쪽의 배부름 현상의 높이 차이를 통하여 약 0.6m 정도로 나타나는 결과를 도출함으로써 정성적, 정량적 분석도 가능하다는 것을 알 수 있었다.

#### 4.4 TS와 3D Laser Scanning 비교

3D Laser Scanning 을 이용하여 추출한 측점군을 상용 프로그램인 Geometry을 이용하여 TS 검사점, 26점의 동일한 위치의 좌표값을 추출하여 TS장비의 관측값과 비교 분석 하였으며 TS와 3D Laser Scanning 좌표의 표준 편차를 나타내었다. TS와 3D Laser Scanning의 표준편차는Fig. 8과 같이 X 방향으로 0.013m, Y 방향으로 0.012m, Z방향으로 0.017m로 나타났다.

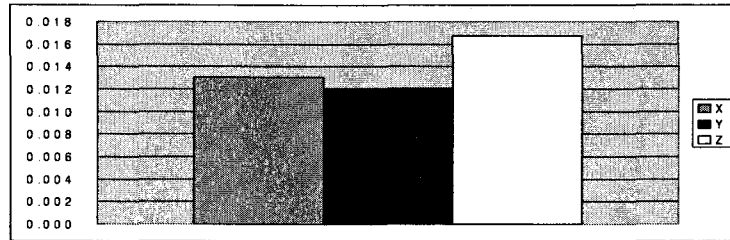


Fig. 8 The RMS of TS and 3D Laser Scanning

### 5. 결 과

본 연구의 측정은 현재의 결과만을 나타내기 때문에 안정적 해석의 결론에 이르기에는 어렵지만, 기존의 측정 방법으로는 확인 할 수 없었던 사실을 3D Laser Scanning System 방법을 이용하여 확인할 수 있는 가능성을 다음과 같이 나타내었다.

첫째, TS 장비를 이용한다면 대규모 구조물의 경우 일부 몇 개의 대표점을 관측하므로, 전체적인 변형을 파악하지 못하나 3D Laser Scanning System을 이용하여 전체적인 현상을 정성적·정량적으로 분석이 가능하다.

둘째, 3D Laser Scanning System을 이용하여 기존의 측량 방법으로는 접근 불가능한 영역은 물론, 정밀하고 정확한 대량의 데이터를 취득하여 짧고 간단한 측정만으로 데이터베이스화 하여 언제 어디서든 원하는 부분의 데이터를 실내에서 추출할 수 있다.

셋째, 3D Laser Scanning과 TS와 비교 실험 결과에 따라 정확도 부분에서 TS와 큰 차이가 나타나지 않으므로 정밀 측량부분에서도 적용할 수 있다.

### 참고문헌

- 농업기반공사. 2005, OO저수지 정밀안전진단 보고서
- 장상규, 김진수, 신상철, 박운용. 2001, GPS에 의한 댐 변형 모니터링의 변위 분석, 한국측량학회지, 제 19권 제 3호, pp.237-244
- 이상윤. 2001, TS 측량을 이용한 댐의 외적 거동분석, 강원대학교 석사학위논문
- 윤부열, 박운용, 장상규, 정창식. 2005, 고밀도 레이저 측량을 이용한 터널의 천단 및 내공 변위 관측, 대한토목학회 학술발표논문집, pp5162-5166
- Balzani, M., Pellegrinelli, A., Perfetti, N., Uccelli, F., 2001:A terrestrial 3D laser scanner: Accuracy tests.
- Boehler, W., Heinz, G. and Marbs, A., 2002, The potential of non-contact close range laser scanners for cultural heritage recording, Surveying, 28, 289-295.
- Blais, F., Beraldin, J. A. and El-Hakim, S.F., 2000, Range Error Analysis of an Integrated Time-of-Flight, Triangulation, and Photogrammetry 3D Laser Scanning System. Proc. 18th Int. Symp. CIPA 2001, pp.445-453.
- Lee, K., 1999, Principles of CAD/CAM/CAE systems, Addison Wesley Longman, Inc., pp445.
- www.RIEGL.com