

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.1.691

JCCT 2023-1-85

Big data를 이용한 실시간 SOC 구조물 거동분석 시스템 연구

A Study on Real-Time SOC Structure Behavior Evaluation System using Big Data

최정열*, 한재민**, 안대희***, 정지승****

Jung-Youl Choi*, Jae-Min Han**, Dae-Hui Ahn***, Jee-Seung Chung****

요약 현재 자동화계측 시스템의 계측 결과 활용도는 매우 낮고 단편적인 측정결과만을 제공하는 수준이다. 본 연구에서는 실시간으로 측정된 방대한 데이터값을 클라우드로 전송하여 빅데이터를 구축하고 파이썬 기반의 알고리즘을 이용하여 획득한 자동화계측 데이터를 고정밀-신뢰도를 갖는 구조물 거동 분석 3D Display 시스템을 연구하고자 한다. 연구결과, 실시간으로 관리자에게 구조물의 거동을 평가할 수 있는 시스템으로서 계측 데이터의 종류 및 센서의 종류와 무관하게 큰 제약 없이 실시간으로 분석데이터를 제공하고 3D Display로 도출하였다. 또한 관리자가 구조물의 거동 그래프를 실시간으로 파악하고 데이터 분석을 통해 구조물의 취약부 도출을 보다 쉽게 파악할 수 있을 것으로 분석되었다. 향후 과거와 현재 데이터를 이용하여 구조물의 거동을 3차원으로 분석함으로써 현실성 있는 구조물의 보수, 보강 및 유지 관리 측면에서 보다 실효성 있는 측정 결과를 확보할 수 있을 것으로 분석되었다.

주요어 : 빅데이터, 실시간, 구조물 거동, 클라우드, 3D 디스플레이

Abstract Currently, the utilization of measurement results of the automated measurement system is very low and is at the level of providing only fragmentary measurement results. In this study, we are going to study a structure behavior analysis 3D display system with high precision and reliability for automated measurement data obtained by constructing big data by transmitting massive data values measured in real time to the cloud and using a Python-based algorithm. As a result of the study, as a system that can evaluate the behavior of a structure to a manager in real time, it provides analysis data in real time without significant restrictions regardless of the type of measurement data and sensor, and derived it as a 3D display. In addition, it was analyzed that the manager could grasp the behavior graph of the structure in real time and more easily judge the derivation of the weak part of the structure through data analysis. In the future, by analyzing the behavior of structures in three dimensions using past and present data, it is expected that more effective measurement results can be obtained in terms of repair, reinforcement, and maintenance of realistic structures.

Key words : Big Data, Real-time, Structure behavior, Cloud, 3D display

1. 서론

현재 구조물의 내, 외부요인으로 인한 안전성 모니터링 수요 급증, 도시의 인구밀집지역 증가와 고층건물의

수요증가에 따른 대규모 및 대심도의 굴착 시공이 증가하고 있다[1-5]. 시공 및 철거과정에서 구조물의 변형 및 상태에 대한 모니터링 시스템의 부재로 인해 적절한 대응을 하지 못한 것에서 기인된 현상으로 판단된다[1-5].

*정회원, 동양대학교 건설공학과 교수 (제1저자)
**정회원, 동양대학교 건설공학과 박사과정 (교신저자)
***정회원, 동양대학교 건설공학과 박사과정 (참여저자)
****정회원, 동양대학교 건설공학과 교수 (참여저자)
접수일: 2022년 12월 28일, 수정완료일: 2023년 1월 5일
게재확정일: 2023년 1월 9일

Received: December 28, 2022 / Revised: January 5, 2023
Accepted: January 9, 2023
**Corresponding Author: woals255@dyu.ac.kr
Dept. of Construction Engineering, Dongyang University,
Korea

시공 중 발생하는 다양한 환경 및 구조, 재료적 변화요인에 실시간으로 대응가능한 거동 분석 시스템에 대한 연구가 미흡하다. 또한 지하구조물 및 궤도는 인접굴착, 지반열화, 지하수위 등과 같은 예상치 못한 외부요인에 의해 지하구조물 및 궤도의 갑작스런 변형과 손상이 유발되어 철도 안전에 큰 장애요인을 유발시킬 수 있다.

시공 및 운영중 발생 가능한 다양한 제반조건의 변화에 실시간으로 능동적인 대처가 가능하려면 현장조건 및 다양한 시공정보(재료 및 구조적 특징 포함)에 대한 구조물 안전성 예측프로그램의 관련연구가 매우 필요한 실정이다.

현재 자동화계측 시스템의 계측 결과 활용도는 매우 낮고, 단편적인 측정결과만을 제공하는 수준이다. 또한 계측된 데이터에 대한 빅데이터 구축과 활용의 한계가 있으며, 현재 시점에서의 측정값이 관리기준치에 대한 만족 여부만 수행하는 실정이었다. 본 연구에서는 실시간으로 측정된 방대한 데이터 값을 클라우드로 전송하여 빅데이터를 구축하고 파이썬 기반의 알고리즘을 이용하여 획득한 자동화계측 데이터를 고정밀-신뢰도를 갖는 구조물 거동 분석 3D Display 시스템을 연구하고자 한다.

II. 클라우드 D/B 구축

본 논문에서는 아마존 웹서비스(Amazon Web Service, AWS)에서 제공하는 서비스인 RDS(Relational Database Service), EC2(Elastic Compute Cloud), AWS SDK(Boto3), S3(Simple storage service)을 이용하여 클라우드 D/B 구축 및 실시간 구조물 거동 3D Display 분석을 위하여 구성하였으며, 시계열 센서 데이터를 통해 실시간 3D Display 거동 분석을 위한 프로그램을 제시하고자 한다[6-9]. 실시간으로 축적되는 측정데이터를 빅데이터화를 위해 AWS가 제공하는 서비스 중 하나인 RDS는 AWS 클라우드에서 관계형 D/B를 확장하고 운영할 수 있는 웹 서비스이다[6].

EC2를 이용하여 센서에서 측정된 다양한 데이터를 저장한다. 실시간으로 축적되는 데이터들은 클라우드에서 확장 가능한 컴퓨팅 용량을 제공한다. EC2를 사용하면 가상 서버를 원하는 수만큼 구축하고 스토리지를 관리할 수 있다. 센서로부터 받아온 변위, 압력 등과 같은 다양한 데이터를 적용하여 분석하고 관리자에게 필요한 서비스를 제공한다.

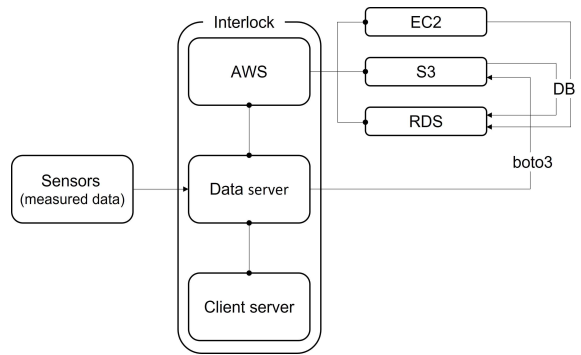


그림 1. 클라우드 D/B 구축 흐름도
Figure 1. Cloud D/B construction flow chart

Amazon S3를 활용하면 안정적이고 빠른 데이터 스토리지 인프라에 접근할 수 있다. S3은 언제든지 EC2 내 또는 웹의 원하는 데이터의 양을 어디서나 저장하고 불러올 수 있게 해주어 컴퓨팅 작업을 쉽게 수행할 수 있도록 설계되었다[6]. 모바일 애플리케이션, 데이터 레이크, 복원 및 백업, IoT 디바이스, 아카이브, Machine learning, AI 및 분석에 적합하다[6]. Python 용 AWS SDK는 AWS 서비스 관련 프로그래밍을 위한 Python API를 제공한다. Python 용 SDK를 사용하면 S3, EC2, DB 등을 사용하는 애플리케이션을 쉽게 개발할 수 있다 [6]. 센서에서 측정된 데이터를 실시간으로 아카이빙하여 S3에 실시간으로 전송하고 빅데이터를 구축한다. RDS에서 데이터베이스화 하여 EC2에서 파이썬 기반의 알고리즘을 적용하여 다양한 센서의 데이터를 이용하여 실시간으로 구조물 거동에 대한 3D Display 시스템을 구현하고자 한다.

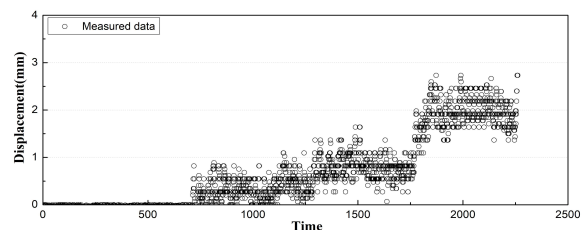


그림 2. 측정데이터를 이용한 빅데이터 구축(예시)
Figure 2. Big data using measurement data (example)

본 연구에서는 측정된 구조물의 변위데이터를 시간당 하나의 데이터로 24시간 측정하여 총 2500여개의 데이터를 빅데이터화하여 구축하였다.

III. 실시간 3D 거동분석 시스템

종래의 경우 해당 절점에서 측정된 변위 값을 관리기 준치와 비교하고 결과 값의 수준만 중요시 하는 실정이다. 종래 기술은 측정에서의 결과를 통해 전체 단면에 대한 평가를 진행하는 방식이나 본 연구는 토목구조물에 측정결과를 실시간으로 클라우드에 전송하고 빅데이터를 구축하였으며, 3차원으로 분석하여 전체 단면에 대한 연속데이터로 표현하고 시각화함으로써 구조물의 이상 여부를 시각화하는 프로그램이다.



그림 3. 데이터 측정 수집 개요
 Figure 3. Summary of data measurement

본 연구에서는 그림 3과 같이 종래의 측정 데이터에서 발생하는 다양한 매개변수를 이용하여 데이터 서버로 전송시키며 빅데이터를 구축한다.

센서에서 측정된 결과를 본 연구결과에 적용 시 신뢰성 및 정확성이 높은 유의미한 데이터로 분석이 가능할 것으로 판단된다.

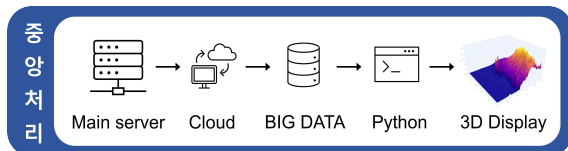


그림 4. 실시간 구조물 거동 시스템 분석
 Figure 4. Real-time structure behavior system analysis

본 연구에서는 획득한 자동화계측 데이터를 구조물 거동 분석 3D Display 시스템을 그림 4와 같이 구축하였다. 실시간으로 측정된 방대한 데이터를 데이터서버에서 클라우드로 전송한다. 또한 수집, 분석 및 저장 등이 어려운 정형 및 비정형 데이터가 수집되어 빅데이터를 이루고 D/B화하여 파이썬 기반의 알고리즘에 적용한다.



그림 5. 분석 데이터 활용 방안(예시)
 Figure 5. Analysis data utilization plan (example)

그림 5와 같이 실시간으로 관리자에게 구조물의 거동을 평가할 수 있는 시스템으로서 계측 데이터의 종류 및 센서의 종류와 무관하게 분석데이터를 실시간으로 제공하고 분석된 데이터를 3D Display로 도출하였다. 또한 빅데이터화를 통한 구조물의 유지관리 활용성에 있어 과거의 이력데이터를 관리자가 수월하게 판단할 수 있으며 실시간으로 측정되는 현재 데이터와 비교분석을 통하여 구조물의 거동을 손쉽게 파악할 수 있을 것으로 분석되었다.



(a) Sensor location view



(b) Measured data

그림 6. 종래의 측정데이터 전경 및 결과
 Figure 6. Photographs and results of conventional measurement data

종래 기술은 그림 6(a)와 같이 임의의 특정단면에 설치한 센서를 이용하여 획득한 데이터를 바탕으로 단면에 대한 안전성 여부를 평가할 수 있을 뿐 구조물의 입체적인 거동을 분석할 수 없었다. 또한 실제 현장에서 측정되는 방대한 양의 자동화계측 데이터에 대한 평가는 그림

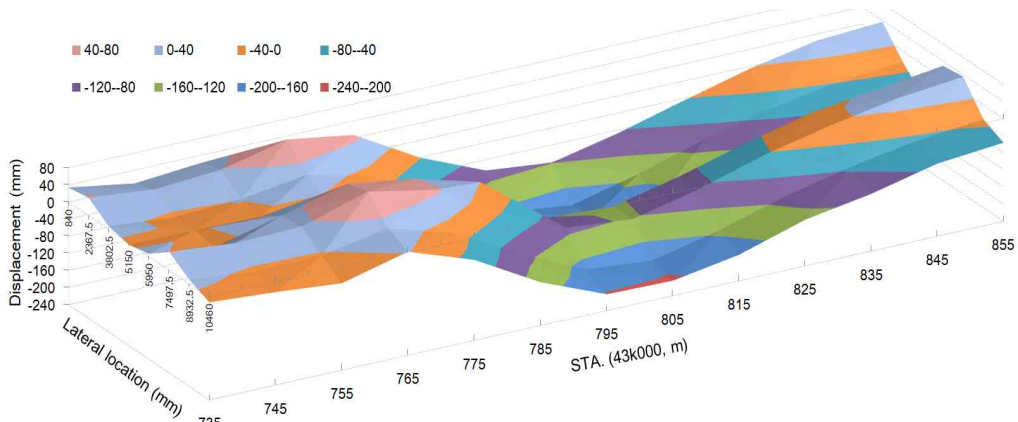


그림 7. 종래 측정결과의 3차원 데이터
Figure 7. Modified conventional measurement data

6(b)와 같이 최대 변위 값을 기준으로 관련기준치에 부합성 여부만을 평가하고 있다. 본 연구에서 제안하고자 하는 분석기법은 그림 7과 같이 자동화계측을 통해 획득한 임의의 절점에서의 구조물 응답데이터를 Z축 좌표로 하고, 각 센서가 설치된 위치를 X와 Y좌표로 하는 3차원 좌표계를 적용한 입체분석기법이다[10].

그림 7과 같이 2차원 단면이 아닌 3차원 분석이 가능할 수 있도록 구조물의 길이 방향으로 연속적인 측정데이터를 plot하여 3차원 시각화가 가능하다. 이러한 3차원 입체분석기법을 적용함으로써 구조물의 입체적 거동특성을 실시간으로 파악할 수 있으며, 임의의 위치에서의 단면 응답특성을 바탕으로 센서가 설치되지 않은 중간지점(센서설치의 불연속점)에서의 구조물의 거동특성도 예측 및 평가할 수 있다[10].

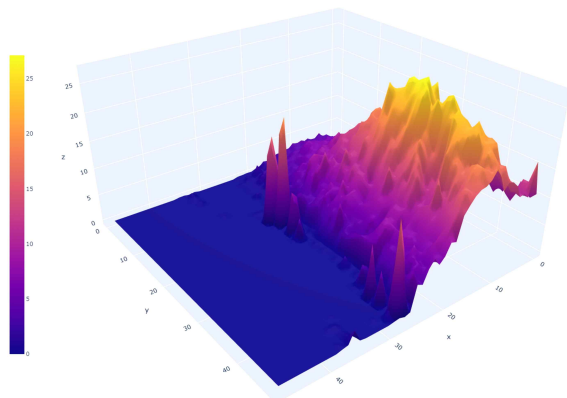


그림 8. 실시간 측정결과 3D Display
Figure 8. 3D Display of real-time measurement results

본 연구를 통하여 현행 그림 6과 같이 단면검토가 아닌 입체적(3차원)으로 분석하여 보다 더 상세하고 신뢰성 있는 분석 데이터를 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 측정센서의 사양 및 특성에 따라 실시간 측정결과와의 3D 표현방식은 차이가 발생할 수 있다. 구조체에 전달되는 하중의 영향을 압력 또는 응력 단위로 측정할 수 있는 스킨센서(Skin sensor)를 통해 측정된 데이터의 경우 그림 8과 같이 응력 측정결과를 3차원으로 표현할 수 있다. 그림 8과 같이 스킨센서가 설치(부착)된 구조체의 길이 및 직각방향으로 특정 면에 대한 연속데이터로 표현이 가능하여 3차원 시각화가 가능하다.

IV. 결 론

본 연구에서는 AWS기반의 자동화측정 데이터 실시간 웹 디스플레이를 구현하였다. 종래의 2d 단면의 측정결과가 아닌 3축 방향의 3d 디스플레이로 구축하여 실시간으로 구조물의 응답에 대한 분석기법을 제시하였다.

(1) 현재 자동화계측 시스템의 계측 결과 활용도는 매우 낮고 단편적인 측정결과만을 제공하는 수준이다. 또한 계측된 데이터에 대한 빅데이터 구축과 활용의 한계가 있다. 본 연구를 통해 실시간으로 측정된 방대한 데이터를 클라우드로 전송하여 빅데이터를 구축하고 파이썬 기반의 알고리즘을 적용하였다.

(2) 실시간으로 관리자에게 구조물의 거동을 평가할 수 있는 시스템으로서 계측 데이터의 종류 및 센서의 종류와 무관하게 실시간으로 분석데이터를 제공하고 3D Display로 도출하였다. 또한 관리자가 구조물의 거동 그래프를 실시간으로 파악하고 데이터 분석을 통해 구조물

취약부의 도출을 보다 쉽게 접근할 수 있을 것으로 분석되었다.

(3) 본 연구를 통해 과거와 현재 데이터를 이용하여 향후 거동을 예측하는 분야에 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 구조물의 거동을 3차원으로 분석함으로써 현실성 있는 구조물의 보수, 보강 및 유지 관리 측면에서 보다 실효성 있는 측정 결과를 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] J.Y. Choi, H.H. Lee, Y.S. Kang, J.S. Chung, "Evaluation of Structural Stability of Tunnel due to Adjacent Excavation on Urban Transit", Journal of the Convergence on Culture Technology(JCCT), Vol. 6, No. 2, pp. 503-508, 2020.
- [2] J.Y. Choi, S.H. Kim, H.H. Lee, J.S. Chung, "Improvement of Automatic Measurement Evaluation System for Subway Structures by Adjacent Excavation", Materials, Vol. 14, No. 24, pp. 1-20, 2022.
- [3] J.Y. Choi, G.N. Yang, T.J. Kim and J.S. Chung, "Analysis of Ground Subsidence according to Tunnel Passage in Geological Vulnerable Zone", Journal of the Convergence on Culture Technology(JCCT), Vol. 6, No. 3, pp. 393-399, 2020.
<http://doi.org/10.17703/JCCT.2020.6.3.393>
- [4] J.Y. Choi, G.N. Yang, T.J. Kim and J.S. Chung, "Analysis of Changes in Groundwater Level according to Tunnel Passage in Geological Vulnerable Zone", Journal of the Convergence on Culture Technology(JCCT), Vol. 6, No. 3, pp. 369-375, 2020.
<http://doi.org/10.17703/JCCT.2020.6.3.369>
- [5] J.Y. Choi, S.I. Cho and J.S. Chung, "Parameter Study of Track Deformation Analysis by Adjacent Excavation Work on Urban Transit", Journal of the Convergence on Culture Technology(JCCT), Vol. 6, No. 4, pp. 669-675, 2020.
- [6] <https://aws.amazon.com/>
- [7] A. Berl, E. Gelenbe, M. D. Girolamo, et al. Energy-efficient cloud computing, The Computer Journal, Vol. 53, No. 7, pp. 1045-1051, 2010.
- [8] IBM Cloud Computing, IaaS PaaS SaaS - Cloud Service Models,

<https://www.ibm.com/cloud-computing/learn-more/iaas-paas-saas/>

- [9] Brian Hayes, "Cloud computing" Communication of the ACM, 7, 9-11, 2008
DOI: 10.1145/1364782.1364786
- [10] J.Y. Choi, S.H. Kim, G.N. Yang, H.H. Lee, J.S. Chung, "Failure Analysis of Subway Box Structures According to Displacement Behavior on a Serviced Urban Railway", Applied sciences, Vol. 12, No. 24, pp. 1-15, 2022.

※ 이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022-0-00829, 스킨 센서와 A.I.를 활용한 SOC 시설물 실시간 이상 감지 시스템 개발)