

교량 시공관리 및 유지보수를 위한 포인트클라우드 데이터의 활용

박준규¹, 엄대용^{2*}

¹서일대학교 건설시스템공학과, ²한국교통대학교 건설환경도시교통공학부

Utilization of Pointcloud Data for Bridge Construction Management and Maintenance

Joon-Kyu Park¹, Dae-Yong Um^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation

요약 최근 국내 건설 분야 중 교량 부분은 구조물의 장대화, 신기술의 적용이 진행 중에 있으며, 향후 건설분야 BIM(Building Information System) 적용 활성화에 대비하여 체계적인 시공관리 및 유지보수 방안 마련이 필요한 시점이다. 본 연구에서는 교량 건설 분야에서 시공관리 및 유지보수를 위한 포인트클라우드 데이터의 활용성을 평가하고자 하였다. 지상 LiDAR를 통해 교량에 대한 포인트클라우드 데이터를 취득하고, registration 및 gerreferencing을 통해 교량의 상부 및 하부에 대한 데이터를 구축하였다. GNSS(Global Navigation Satellite System) 및 토탈스테이션 측량 결과와 비교를 통해 지상 LiDAR의 정확도가 평가되었으며, 정확도 평가 결과는 5cm 이내의 값을 나타내어 교량시공을 위한 데이터 취득에 지상 LiDAR의 적용성을 제시하였다. 또한 교량의 데이터의 BIM 적용 대상인 기초, 교각, 교대, 상판에 대한 모델링의 포인트클라우드 활용 가능성을 파악하였다. 향후 포인트클라우드 데이터를 활용한 BIM 모델의 생성은 건설공사의 시공관리에 활용 가능할 것이며, 노후 교량의 역설계 및 도면 생성은 교량 유지관리 관련 업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다.

Abstract Recently, the domestic bridge construction field, structures have been extended, new technologies have been applied, and it is time to prepare plans for systematic construction management and maintenance in preparation for the vitalization of a BIM (Building Information System) application. In this study, we tried to evaluate the utilization of point cloud data for construction management and maintenance in the field of bridge construction. Point cloud data for a bridge was acquired through terrestrial LiDAR, and data for the upper and lower parts of the bridge was established through registration and gerreferencing. The accuracy of terrestrial LiDAR was evaluated through comparison with GNSS (Global Satellite System) and total station survey results. The accuracy evaluation result showed a value within 5 cm, suggesting the applicability of terrestrial LiDAR to data acquisition for bridge construction. In addition, the possibility of using a point cloud was identified for modeling foundations, piers, abutments, and decks, which are targets of BIM application of bridge data. In the future, the creation of BIM models using point cloud data will be possible for construction management, and reverse engineering and drawing generation for old bridges will be able to improve the efficiency of tasks related to bridge maintenance.

Keywords : Accuracy Analysis, BIM, Bridge Construction, Maintenance, Pointcloud, Terrestrial LiDAR

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(No. NRF-2021R1F1A1061677)

*Corresponding Author : Dae-Yong Um(Korea National University of Transportation)
email: dyum@ut.ac.kr

Received December 5, 2022

Revised January 5, 2023

Accepted January 6, 2023

Published January 31, 2023

1. 서론

최근 건설분야에서 교량의 시공은 규모가 커지고 적용 기술 및 자재의 종류 또한 다양해지고 있다[1-3]. 기존의 건설현장에서는 구조적인 안전성을 주로 고려하였으나 현재는 건설현장 시공의 제반 요소들을 효율적으로 관리하고, 시공 후 유지관리에서도 체계적인 방안 마련이 필요한 시점이다[4,5].

한편, 국토교통부는 국토교통 분야의 중장기 연구개발 추진전략에서 8대 혁신성장동력을 선정하고 있으며, 스마트시티, 건설자동화, 가상국토공간 등의 혁신성장동력은 포인트클라우드 데이터를 활용하는 디지털 트윈으로 관리가 가능한 공통점이 있다[6-8]. Fig. 1은 국토교통부의 8대 혁신성장동력을 나타낸다[9].



Fig. 1. 8 Innovative Growth Engines

건설분야에서 건설 시공관리 및 유지보수는 매우 중요한 부분으로 자리매김하고 있으며 부실공사나 관리의 부실로 인한 대형 재난을 막기 위해 전 세계적으로도 건설 시공관리 및 유지보수는 중요한 관심사항이 되고 있다 [10]. 기존의 2D기반 CAD를 이용하는 방법에서 최근에는 BIM(Building Information System)의 도입이 시작되고 있으며, 국토교통부는 건설산업 BIM 시행지침을 발표하는 등 제도적 정비를 진행 중에 있다[11]. BIM은 건축 공사 생애주기(기획, 설계, 시공, 유지관리 등)에 걸쳐 발생 되는 정보를 관리 및 통합하고, 수정된 정보에 따라 연관된 프로세스 정보 들이 일괄적으로 재생산, 공유, 교환, 재배포 될 수 있는 3차원기반 정보 운용환경을 의미한다[12]. BIM의 적용에 있어 포인트클라우드 데이터는 다양한 활용이 가능한 기반 데이터로 큰 의미가 있다.

교량의 시공은 일반측량 작업규정에서 정하고 있는 건설공사에 포함이 되며, 교량은 국토교통부의 건설산업 BIM 시행지침에서는 BIM 적용 대상으로 구분하고 있다

[12]. 본 연구에서는 교량 건설 분야에서 시공관리 및 유지보수를 위한 포인트클라우드 데이터의 활용성을 평가하고자 한다. Fig. 2는 연구흐름도를 나타낸다.

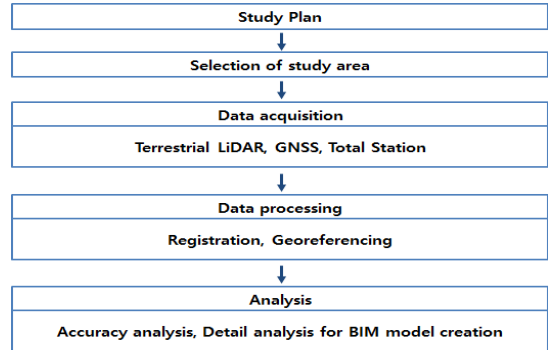


Fig. 2. Study flow

2. 데이터 취득

본 연구에서는 교량 시공관리 및 유지보수를 위한 포인트클라우드 데이터 취득을 위해 경기도 일원의 교량공사 현장을 연구대상지로 선정하였다. 연구대상지는 시공 중인 교량으로 교통량이 없어 데이터 취득 및 분석에 적합할 것으로 판단되어 선정하였다. Fig. 3은 연구대상지를 나타낸다.



Fig. 3. Study area

교량부의 데이터 취득을 위해 지상 LiDAR가 활용되었으며, 데이터의 georeferencing 및 정확도 평가를 위한 기준점 측량에 GNSS(Global Navigation Satellite System)와 토털스테이션이 활용되었다. 데이터 취득에 활용된 장비와 사양을 Fig. 4와 Table 1에 나타내었다[13].



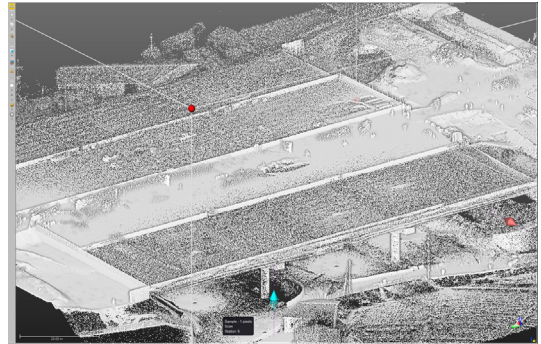
Fig. 4. Equipment used for data acquisition

Table 1. Specifications of equipments

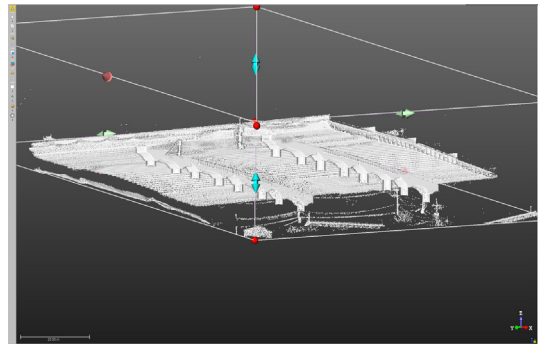
equipment		Description
TX8	Scanspeed	1Mhz
	Distance	120m
	FOV	360 ° x317 °
	Weight	11kg
	Laser	Class 1
	IP	54
R10	Channel	440
	H Accuracy	8mm + 0.5ppm RMS
	V Accuracy	15mm + 0.5ppm RMS
	Weight	1.12kg
S6	IP	67
	Accuracy	2mm + 2ppm RMS
	Weight	5.25kg
	Distance	5.500m

본 연구에서는 교량에 대한 포인트클라우드 데이터 취득을 위해 지상 LiDAR를 활용하여 데이터를 취득하였으며, georeferencing 및 정확도 평가를 위해 GNSS와 토털스테이션으로 기준점 측량을 수행하였다. 지상 LiDAR는 교량 전체에 대한 데이터 구축을 위해 상부와 하부에서 데이터를 취득하였으며, GNSS를 이용하여 georeferencing을 위한 기준점을 VRS(Virtual Reference Station) 방법으로 측량하였다. 교량 하부의 경우 위성수신이 불가능하여 GNSS 대신 토털스테이션을 활용하였다. Fig. 5는

교량 지상 LiDAR 데이터 일부를 나타낸다.



(a) bridge top



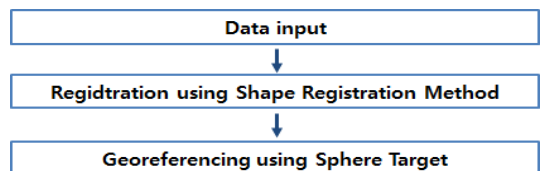
(a) bridge bottom

Fig. 5. Terrestrial LiDAR data

3. 데이터 처리 및 분석

3.1 데이터 처리 및 정확도 평가

지상 LiDAR 데이터는 Trimble Realworks 소프트웨어를 이용하여 registration을 수행하였다. 교량의 상부 및 하부 22개 지점에서 취득된 데이터를 형상정합 방법으로 정합하였으며, GNSS와 토털스테이션 측량을 통해 얻은 기준점의 sphere target을 이용하여 georeferencing을 수행하였다. Fig. 6은 데이터 처리 과정 및 데이터 처리 화면을 나타낸다.



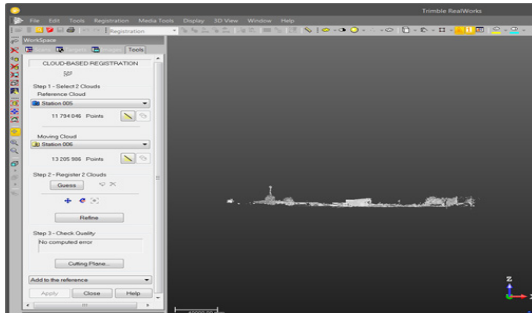


Fig. 6. Data processing process and data processing screen

지상 LiDAR로 구축된 교량의 포인트클라우드 데이터에 대한 정확도 평가를 위해 포인트클라우드 데이터에서 선별이 가능한 10개 지점에 대해 GNSS와 토털스테이션을 이용하여 좌표를 취득하고, 포인트클라우드 데이터에서 취득한 좌표와 비교를 수행하였다. Fig. 7은 검사점 위치이며, Table 2는 정확도 평가 결과를 나타낸다.



Fig. 7. Location of checkpoint

Table 2. Accuracy evaluation result

No.	GNSS & Total Station			Pointcloud		
	N(m)	E(m)	H(m)	N(m)	E(m)	H(m)
1	215231.77	545234.34	40.69	215231.73	545234.39	40.74
2	215238.22	545229.41	40.80	215238.20	545229.47	40.84
3	215238.62	545223.68	40.88	215238.60	545223.73	40.93
4	215238.41	545219.08	40.93	215238.40	545219.06	40.98
5	215238.92	545213.51	41.01	215238.91	545213.52	41.07
6	215237.01	545233.59	29.75	215237.05	545233.64	29.81
7	215240.31	545227.97	28.59	215240.34	545227.95	28.66
8	215240.91	545222.43	28.58	215240.90	545222.47	28.63
9	215239.81	545217.36	29.09	215239.79	545217.40	29.13

No.	Deviation		
	dN(m)	dE(m)	dH(m)
1	-0.04	0.05	0.05
2	0.02	0.05	0.04
3	0.03	0.05	0.05
4	-0.02	-0.02	0.05
5	0.05	0.01	0.04
6	0.04	0.05	0.05
7	0.03	-0.02	0.05
8	-0.01	0.04	0.05
9	0.02	0.04	0.04
10	0.03	0.03	0.01
min	0.05	0.05	0.05
max	-0.04	-0.02	0.01

포인트클라우드 데이터의 정확도 평가 결과 GNSS 및 토털스테이션 성과와 차이는 $-0.04\text{m} \sim 0.05\text{m}$ 로 $\pm 5\text{cm}$ 이내의 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 일반측량 작업규정에서 정하고 있는 건설공사 측량의 정확도인 $\pm 5\text{cm}$ 이내와 토공사 측량의 정확도인 $\pm 10\text{cm}$ 이내를 만족하는 것으로 지상 LiDAR를 이용한 건설 시공측량의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

3.2 BIM 데이터 생성을 위한 포인트클라우드 활용

건설산업 BIM 시행지침에서 교량은 도로 구조물에 속하며, BIM 적용 대상으로 기초, 교각, 교대, 상판 등을 정하고 있다[9]. 본 연구에서는 BIM 데이터 생성을 위한 포인트클라우드의 활용 가능성을 파악하였다. Table 3은 BIM 적용 대상에 대한 포인트클라우드 데이터를 나타낸다.

Table 3. Pointcloud data

Object	Pointcloud
Bridge Foundation	
Bridge Pier	

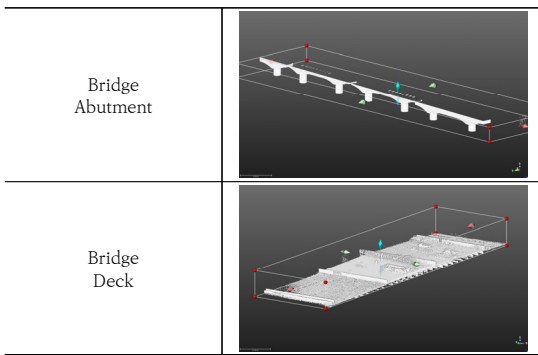


Table 3의 모델링 대상에 대한 포인트클라우드 데이터는 점간 간격이 1cm 이하이며, 각 부분에 대한 형상을 자세하게 나타내고 있어 모델링에 활용 가능할 것으로 판단된다. 향후 포인트클라우드 데이터를 이용한 BIM 모델의 생성을 통해 건설공사 시 설계대비 시공 중 점검에 적용이 가능할 것이며, 포인트클라우드 데이터를 기반으로 한 노후 교량의 역설계 및 도면 생성을 통해 유지관리 관련 업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

본 연구는 교량에 대한 시공관리 및 유지보수를 위한 포인트클라우드 데이터의 활용성을 평가하고자 한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지상 LiDAR를 통해 교량에 대한 포인트클라우드 데이터를 취득하고, 자료처리를 통해 교량의 상부 및 하부에 대한 데이터를 효과적으로 구축할 수 있었다.
2. 포인트클라우드 데이터의 정확도를 평가하기 위해 GNSS 및 토털스테이션으로 10개 검사점에 대한 좌표를 취득하고, 포인트클라우드 데이터와 비교하였다. 포인트클라우드 데이터의 정확도는 -0.04m ~ 0.05m로 5cm 이내의 결과를 나타내었으며, 이를 통해 지상 LiDAR의 적용성을 제시하였다.
3. 포인트클라우드 데이터의 점간격은 1cm 미만으로 취득되었으며, 교량의 BIM 모델링 대상인 기초, 교각, 교대, 상판에 대한 모델링에 적용이 가능할 것으로 판단된다.
4. 포인트클라우드 데이터를 활용한 BIM 모델의 생성은 건설공사의 시공관리에 활용 가능할 것이며, 노

후 교량의 역설계 및 도면 생성은 교량 유지관리 관련 업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다.

References

- [1] H. B. Jang, H. J. Kim, H. Y. Kang, "Building Large-scale CityGML Feature for Digital 3D Infrastructure", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.39, No.3, Jun. 2021, pp. 187-201. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2021.39.3.187>
- [2] H. Ka, J. W. Choi, Y. H. Kim, J. M. Park, "Structural Performance Evaluation on Ended Block of Wide Flange PSC Girder for the Semi-Integral Bridges", *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, Vol.42, No.1, Feb. 2022, pp. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2022.42.1.0001>
- [3] K. W. Lee, J. K. Park, "MMS Data Accuracy Evaluation by Distance of Reference Point for Construction of Road Geospatial Information", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.39, No.6, Dec. 2021, pp. 549-554. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2021.39.6.549>
- [4] H. S. Yoon, J. H. Lee, J. Y. Hwang, H. J. Kang, S. M. Park, L. S. Kang, "Method of Deriving Activity Relationship and Location Information from BIM Model for Construction Schedule Management", *Korean journal of construction engineering and management*, Vol.23, No.2, Mar. 2022, pp. 33-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2022.23.2.033>
- [5] S. H. Kim, K. J. Lee, "Automated Construction of IndoorGML Data Using Point Cloud", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.6, Dec. 2020, pp. 611-622. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.6.611>
- [6] J. H. Han, H. S. Kim, "Analysis of the Trends of Construction Technology Development based on Big Data - Focused on Construction Patents in Relation to the 4th Industrial Revolution ICT Technologies -", *Korean journal of construction engineering and management*, Vol.18, No.5, Sep. 2017, pp. 20-31. DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2017.18.5.020>
- [7] Y. G. Kim, S. Y. Park, S. Kim, "Development of Registration Post-Processing Technology to Homogenize the Density of the Scan Data of Earthwork Sites", *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, Vol.42, No.5, Oct. 2022, pp. 689-699. DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2022.42.5.0689>
- [8] J. S. Won, S. I. Ham, S. J. Jang, "Cost Management System for Mechanical, Electrical, and Plumbing(MEP) Coordination Using Building Information Modeling(BIM) - A Case Study", *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, Vol.22, No.2, Apr. 2022, pp. 195-205.

DOI: <https://doi.org/10.5345/KIIBC.2022.22.2.195>

- [9] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Policy Issues, [Internet]. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Available From: <http://www.molit.go.kr/> (accessed December, 15, 2022)
- [10] H. I. Jeon, Y. S. Yu, B. S. Koo, H. Y. Seo, J. W. Kim, "Deriving AR Technologies and Contents to Establish a Safety Management System in Railway Infrastructure", *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, Vol.42, No.3, Jun. 2022, pp. 427-438. DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2022.42.3.0427>
- [11] H. J. Go, J. H. Hyun, J. H. Lee, Y. S. Ahn, "Development of A Quantitative Risk Assessment Model by BIM-based Risk Factor Extraction - Focusing on Falling Accidents -", *Korean journal of construction engineering and management*, Vol.23, No.4, Jul. 2022, pp. 15-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2022.23.4.015>
- [12] H. W. Jung, "A Study on the Establishment of Design and Construction Process Standardization through Building BIM Application Case", *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, Vol.22, No.4, Aug. 2022, pp. 347-358. DOI: <https://doi.org/10.5345/KIIBC.2022.22.4.347>
- [13] Trimble, products, [Internet]. Trimble. Available From: <https://www.trimble.com/> (accessed December, 02, 2022)

엄 대 용(Dae-Yong Um)

[정회원]



- 1997년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 1999년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2004년 4월 ~ 현재 : 한국교통대학교 건설환경도시교통공학부 교수

<관심분야>

지형공간정보공학, 사진측량학

박 준 규(Joon-Kyu Park)

[종신회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 건설시스템공학과 부교수

<관심분야>

지형공간정보공학