

하천측량을 위한 드론라이다 데이터의 활용성 평가

박준규¹, 엄대용^{2*}

¹서일대학교 토목공학과, ²한국교통대학교 토목공학과

Usability Evaluation of the Drone LiDAR Data for River Surveying

Joon-Kyu Park¹, Dae-Yong Um^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation

요약 현재 하천측량은 주로 토탈스테이션이나 GNSS(Global Navigation Satellite System)를 이용하여 하천의 종단 및 횡단 데이터를 취득하는 것으로 수행되고 있으며, 국토교통부는 최근 전국 주요하천에 드론을 기반으로 한 하상변동 조사 및 하천측량 시범사업을 착수하였다. 하천측량과 관련된 연구는 지상 LiDAR(Light Detection And Ranging)를 활용한 연구가 주로 수행되었으며, 대상물의 선형을 추출하거나 토탈스테이션 측량 성과와 비교를 통한 정확도 평가가 이루어 졌다. 하지만 드론 라이다를 활용한 연구나 취득된 데이터를 이용한 하천측량의 적용 가능성을 파악한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 하천측량을 위한 드론라이다 데이터의 활용성을 평가하고자 하였다. 연구를 통해 수목과 기타 지물에 대한 데이터를 추출하여 지면에 대한 포인트클라우드 형태의 3차원 공간정보를 생성하였으며, GNSS를 이용한 검사점의 측량성과와 비교를 통해 0.008~0.048m의 차이를 나타내어 하천측량을 위한 드론 LiDAR 데이터의 활용성을 제시하였다. 드론 LiDAR 데이터는 대상지역 전체에 대한 정밀한 3차원 공간정보로 대상지역에 대한 측량성과의 누락으로 인한 음영지역도 줄일 수 있을 것이며, 실제 하천지형의 형상을 보다 정밀하게 나타낼 수 있어 횡단도면의 생성뿐만 아니라 대상지에 대한 면적, 경사 등 다양한 분석이 가능하여 지형분석에 활용이 기대된다.

Abstract Currently, river survey data is mainly performed by acquiring longitudinal and cross-sectional data of rivers using total stations or theGNSS(Global Navigation Satellite System). There is not much research that addresses the use of LiDAR(Light Detection and Ranging)systems for surveying rivers. This study evaluates the applicability of using LiDARdata for surveying rivers The Ministry of Land, Infrastructure and Transport recently launched a drone-based river fluctuation survey. Pilot survey projectswere conducted in major rivers nationwide. Studies related to river surveying were performed using the ground LiDAR(Light Detection And Ranging)system.Accuracy was ensured by extracting the linearity of the object and comparing it with the total station survey performance. Data on trees and other features were extracted to generate three-dimensional geospatial information for the point-cloud data on the ground.Deviations were 0.008~0.048m. and compared with the results of surveying GNSS and the use of drone LiDAR data. Drone LiDAR provided accurate three-dimensional spatial information on the entire target area. It was able to reduce the shaded area caused by the lack of surveying results of the target area. Analyses such as those of area and slope of the target sitesare possible.Uses of drones may therefore be anticipated for terrain analyses in the future.

Keywords : Accuracy Analysis, Drone, LiDAR, Pointcloud, River Surveying

이 성과는 2018년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2018R1C1B6004021)

*Corresponding Author : Dae-Yong Um(Korea National University of Transportation)

email: dyum@ut.ac.kr

Received March 5, 2020

Accepted May 8, 2020

Revised March 25, 2020

Published May 31, 2020

1. 서론

하천은 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길을 의미하며, 하천법의 구분에 따라 국가하천 또는 지방하천으로 구분된다[1-3]. 하천측량은 하천의 형상, 수위, 단면, 구배 등을 측정하여 하천의 평면도, 종횡단면도를 작성하고, 수류의 방향, 유속 유량, 부유물, 기타 구조물을 조사하여 각종 설계 및 시공에 필요한 자료를 얻기 위한 측량이다[4,5]. 현재 하천측량은 주로 토탈스테이션이나 GNSS를 이용하여 하천의 종단 및 횡단 데이터를 취득하는 것으로 수행되고 있다[6]. 하천측량은 측량계획 및 현지조사를 통해 얻은 기본 자료를 이용하여 평면측량, 수준측량, 수심측량의 순서로 진행 된다[7]. 평면측량은 하천유로의 상태와 형상을 측정하는 것으로 하천 주변의 제방, 옹벽 등과 같은 시설물과 하천과 관계된 것들을 측량하여 평면도에 표시하고 있다[8]. 하천의 횡단측량은 하천 횡단면의 형상을 측량하는 것으로 하천의 좌우에 설치된 거리표를 기준으로 횡단면의 변곡점에 대한 높이와 평면거리를 측정하고 있다. 거리표 사이의 중간지점이라도 형상이 변하거나 수위 및 유량관측이 이루어지는 지점에 대해서는 횡단측량이 필요하다[9]. 최근 국토교통부는 전국 주요하천에 드론을 기반으로 한 하상변동조사 및 하천측량 시범사업에 착수하였으며, 국토관리청별로 한강·낙동강·금강·영산강의 본류 및 지류 7개 구간(122.5km)을 대상으로 드론을 적용하고 있다[10].

하천측량과 관련된 연구는 지상 라이다를 활용한 연구가 주로 수행되었다[11]. 기존 연구를 통해 대상물의 실태를 추출하거나 토탈스테이션 측량 성과와 비교를 통한

정확도 평가가 이루어 졌으며, 하천측량을 위한 라이다 데이터의 활용이 가능성이 제시되었다. 하지만 드론 라이다를 활용한 연구나 취득된 데이터를 이용한 하천측량의 적용 가능성을 파악한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 드론 라이다를 활용하여 하천측량을 위한 데이터를 취득하고, 데이터 처리 및 분석을 통해 드론 라이다 데이터의 하천측량 활용성을 제시하고자 하였다. Fig. 1은 연구흐름도를 나타낸다.

2. LiDAR 데이터

LiDAR는 대상물에 레이저를 주사하고, 반사되어 돌아오는 정보를 측정하는 것으로 레이저를 이용한 측정 방법은 1960년대부터 이용되었다. 이후 1990년대 중반부터는 공간정보를 취득하는 방안으로 이용되고 있다[12]. GNSS 기술과 INS(Inertial Navigation System)의 발달, 컴퓨터의 발전은 LiDAR의 상업화를 이끌었고, 다양한 플랫폼의 개발로 항공기와 위성에 탑재되기 시작하였으며, 최근에는 드론에 탑재가 가능한 기술이 개발되었다. 항공기 또는 드론에 탑재되는 LiDAR는 레이저 센서를 장착하여 레이저를 지표에 주사하고 반사된 레이저의 시간을 측정함으로써 대상 지점의 3차원 위치성적을 계산하는 방식이다[13]. LiDAR를 통해 취득되는 데이터는 수많은 점으로 이루어진 포인트클라우드 형태의 데이터이며, Fig. 2는 포인트클라우드 데이터를 나타낸다.

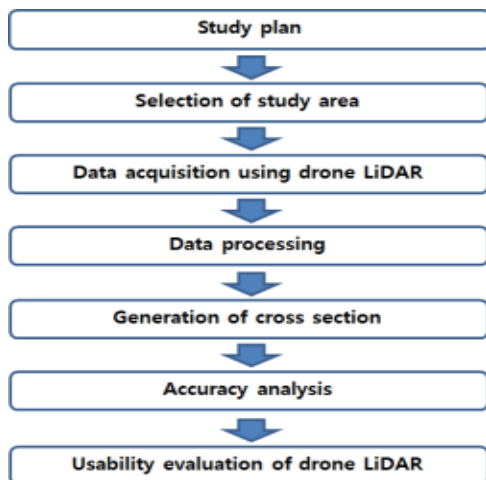


Fig. 1. Study flow

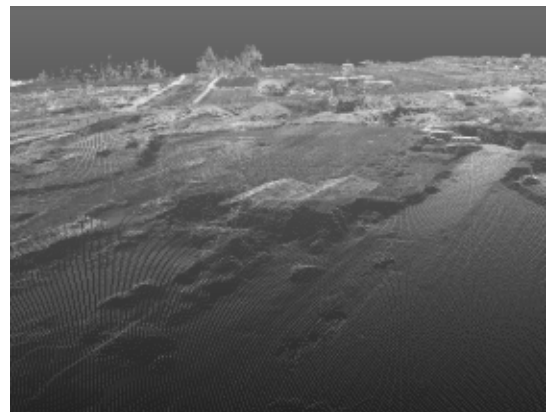


Fig. 2. LiDAR point cloud

3. 연구대상지 및 데이터 취득

본 연구에서는 하천측량을 위한 드론라이다 데이터의 활용성 평가를 위해 경기도 일원의 소하천을 연구대상지로 선정하였다. 데이터 취득은 갈수기에 수행하여 하천의 바닥이 드러난 상태에서 이루어졌다. Fig. 3은 연구 대상지를 나타낸다.



Fig. 3. Study area

드론 라이다에 의한 데이터 취득은 산업용 드론에 GNSS/IMU와 LiDAR 센서가 결합된 Y사의 SurveyorUltra를 이용하였다. Fig. 4는 데이터 취득에 사용된 드론 LiDAR를 나타낸다.



Fig. 4. Drone LiDAR

데이터의 취득은 드론의 운용시간을 고려하여 10분에 걸쳐 이루어 졌으며, 총 300m 구간의 하천에 대해 수행되었다. 정확도 평가를 위해 GNSS를 이용한 VRS(Virtual Reference System) 방식으로 검사점의 측정을 병행하였다. 검사점 측량은 하천의 횡단면에 대해 수행하였으며, 10m 간격으로 2개의 횡단면에 대한 측량을 수행하였다. Table 1은 검사점 성과를 나타낸다.

Table 1. Coordinate of check points

No.	E(m)	N(m)	H(m)
1	574022.786	176309.406	8.404
2	574023.818	176311.506	7.372
3	574025.167	176314.207	5.910
4	574026.551	176317.013	4.389
5	574027.805	176319.545	3.107
6	574030.847	176325.701	2.896
7	574033.823	176331.693	2.936
8	574035.555	176335.200	4.966
9	574037.019	176338.140	6.502
10	574039.057	176342.274	8.975
11	574030.045	176301.547	9.444
12	574032.580	176306.649	6.820
13	574034.426	176310.393	4.893
14	574036.129	176313.817	3.140
15	574038.132	176317.872	2.955
16	574041.278	176324.225	2.769
17	574042.517	176326.701	3.841
18	574044.286	176330.303	5.541
19	574045.457	176332.666	6.870
20	574047.151	176336.074	8.763

4. 데이터 처리 및 분석

드론 LiDAR의 데이터 처리는 드론의 비행궤적에 대한 처리와 포인트클라우드 데이터 생성의 과정으로 수행되었다. 기준점에 설치한 GNSS 데이터를 이용하여 드론의 비행궤적에 대한 200hz 데이터를 생성하고, 소프트웨어를 통해 *.las 포맷의 포인트클라우드를 생성하였다. Fig. 5는 포인트클라우드 데이터를 나타낸다.

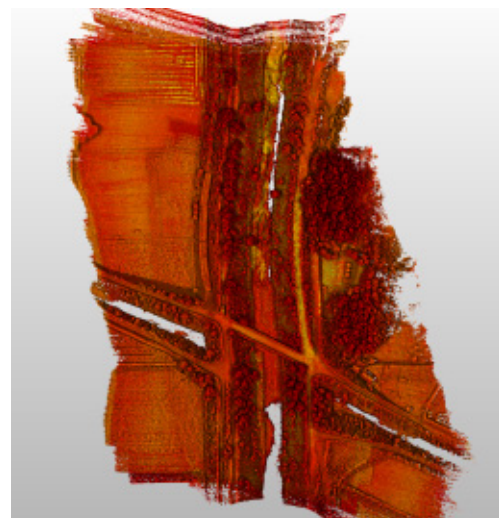


Fig. 5. Point cloud data

드론 LiDAR 데이터는 대상지역의 지면과 함께 수목에 대한 데이터가 함께 취득된다. 본 연구에서는 드론 LiDAR 데이터를 이용한 하천의 횡단측량을 위해 수목을 제거하고 지면에 대한 데이터를 추출하였다. Fig. 6은 수목 추출 결과이며, Fig. 7은 수목을 제거한 지면 데이터를 나타낸다.

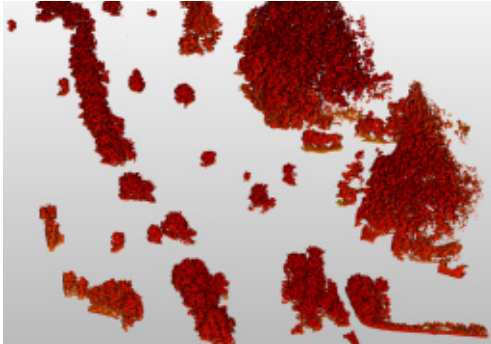


Fig. 6. Vegetation data

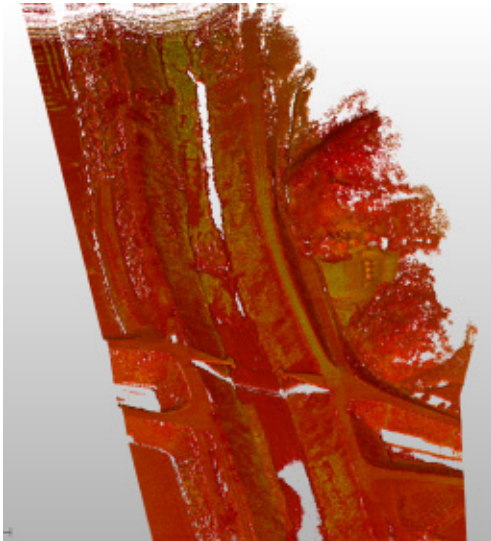


Fig. 7. Ground data

드론 LiDAR 데이터의 정확도 평가를 위해 검사점 측량 성과와 비교를 수행하였다. Table 1의 검사점 20점 성과와 드론 LiDAR 데이터의 높이값을 비교한 결과는 Fig. 8과 같다.

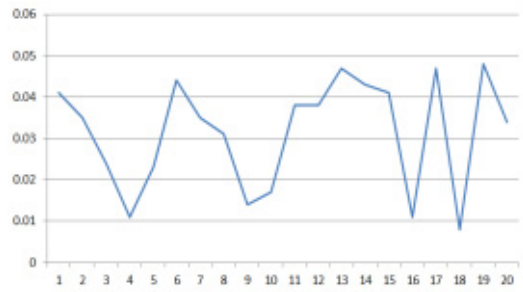


Fig. 8. Accuracy analysis

드론 LiDAR 데이터에 의한 하천의 횡단측량 결과는 GNSS 측량성과와 0.008~0.048m의 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 축척 1:1,000 수치지형도 지도제작을 위한 공간정보의 허용정확도를 만족하는 것으로 드론 LiDAR 데이터를 이용한 하천측량이 가능함을 나타내는 것이라 할 수 있다. Table 2는 축척 1:1,000 수치지형도의 허용정확도를 나타낸다[14].

Table 2. Permissible accuracy for 1:1,000 digital map

Maximum error(m)		
plane	Contour	Height
0.4	0.6	0.3

드론 LiDAR 데이터를 통해 생성된 하천의 횡단면과 GNSS 측량을 통해 생성된 하천의 횡단면은 Fig. 9와 같으며, Fig. 10은 횡단면도를 확대한 것이다.

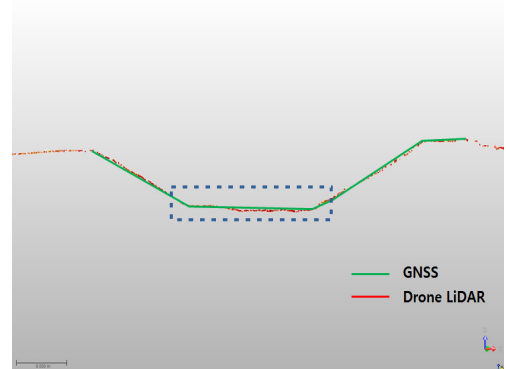


Fig. 9. Comparison of cross-section

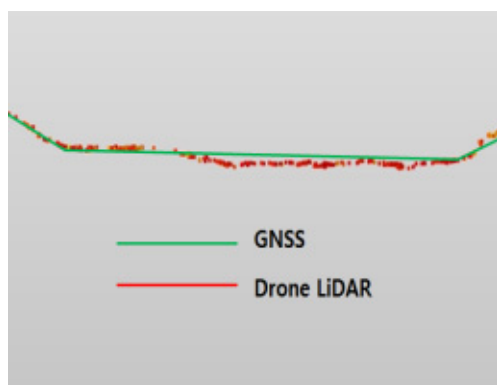


Fig. 10. Comparison of cross-section(2)

Fig. 10에서 보는 것과 같이 GNSS 측량결과와 드론 LiDAR를 이용한 하천의 횡단면도는 비슷한 값을 나타낸다. 하지만 드론 LiDAR의 경우 Fig. 10과 같이 GNSS에 비해 실제 지면의 형상을 보다 더 세밀하게 나타낼 수 있음을 알 수 있다. 또한 데이터가 취득된 영역 전체에 대한 횡단면의 생성이 가능하기 때문에 측량성과의 누락으로 인한 음영지역도 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 드론 LiDAR 데이터를 통해 생성된 하천의 공간정보는 영역 전체에 대한 3차원 데이터이기 때문에 실제 하천지형의 형상을 보다 정밀하게 나타낼 수 있어 횡단도면의 생성뿐만 아니라 대상지에 대한 면적, 경사 등 다양한 분석이 가능하여 지형분석에 활용이 기대된다.

4. 결론

본 연구는 하천측량을 위한 드론라이다 데이터의 활용성을 평가한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 드론 LiDAR 데이터를 활용한 하천측량을 위해 취득되는 전체 데이터에서 수목과 기타 지물에 대한 데이터를 추출하여 지면에 대한 포인트클라우드 형태의 3차원 공간정보를 생성하였다.
2. 검사점의 측량성과와 비교하여 드론 LiDAR 데이터의 정확도 평가를 수행하였으며, 정확도 평가 결과 드론 LiDAR 데이터에 의한 하천의 횡단측량 결과는 GNSS 측량성과와 0.008~0.048m의 차이를 나타내었다.
3. 드론 LiDAR 데이터의 정확도 평가 결과는 축척

1:1,000 수치지형도 지도제작을 위한 허용정확도를 만족하는 것으로 드론 LiDAR 데이터를 이용한 하천측량의 가능성을 제시하였다.

4. 드론 LiDAR 데이터는 대상지역 전체에 대한 정밀한 3차원 공간정보로 대상지역에 대한 측량성과의 누락으로 인한 음영지역도 줄일 수 있을 것이며, 실제 하천지형의 형상을 보다 정밀하게 나타낼 수 있어 횡단도면의 생성뿐만 아니라 대상지에 대한 면적, 경사 등 다양한 분석이 가능하여 지형분석에 활용이 기대된다.

References

- [1] J. H. Choi, T. J. Jung, K. W. Jun, "Analysis of Hydraulic Impacts due to Sudden Enlargement of Kyungpo-cheon River Channel", *Journal of Korean Society of Disaster and Security*, Vol.12, No.2, 2019, pp. 35-45.
DOI: <https://doi.org/10.21729/ksds.2019.12.2.35>
- [2] H. K. Lee, S. W. Lyu, "Implementation of a Kinematic Network-Based Single-Frequency GPS Measurement Model and Its Simulation Tests for Precise Positioning and Attitude Determination of Surveying Vessel", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.33, No.2, 2015, pp. 131-142.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.2.131>
- [3] S. R. Lee, G. J. Lee, J. H. Han, D. J. Lee, J. G. Kim, K. J. Lim, "Analysis of the Effect of Water Quality Improvement on Seomgang and South Han River by Securing the Flow during the Dry Season", *Journal of The Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol.61, No.2, 2019, pp. 25-39.
DOI: <https://doi.org/10.5389/KSAE.2019.61.2.025>
- [4] M. K. Chung, C. J. Kim, K. H. Choi, D. K. Chung, Y. I. Kim, "Development of LiDAR Simulator for Backpack-mounted Mobile Indoor Mapping System", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.35, No.2, 2017, pp. 91-102.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.2.91>
- [5] H. L. Park, J. W. Choi, J. H. oh, "Seasonal Effects Removal of Unsupervised Change Detection based Multitemporal Imagery", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.36, No.2, 2018, pp. 51-58.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2018.36.2.51>

- [6] H. K. Sung, K. S. Chong, C. N. Lee, "Accuracy Analysis of Low-cost UAV Photogrammetry for Road Sign Positioning", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.37, No.4, 2019, pp. 243-251.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2019.37.4.243>
- [7] K. D. Lee, S. H. Jung, K. H. Lee, Y. S. Choi, M. S. Kim, "Mobile Mapping System Development Based on MEMS-INS for Measurement of Road Facility", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.36, No.2, 2018, pp. 75-84.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2018.36.2.75>
- [8] Y. H. Choi, S. M. Yeon, H. J. Kim, D. Y. Lee, "Extreme Value Analysis of Statistically Independent Stochastic Variables", *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol.33, No.1, 2019, pp. 222-228.
DOI: <https://doi.org/10.26748/KSOE.2018.093>
- [9] D. J. Shin, J. H. Park, J. H. Kim, K. J. Kwak, J. M. Park, J. J. Kim, "Big Data-based Sensor Data Processing and Analysis for IoT Environment", *Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.19, No.1, 2019, pp. 117-126.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.1.117>
- [10] E. G. Park, J. H. You, H. J. Lee, "The Planning and Design of Urban Streams Based on 3D Terrain Modelling", *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol.23, No.2, 2015, pp. 59-67.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7319/kogsis.2015.23.2.059>
- [11] B. H. Kang, "Real-time Tele-operated Drone System with LTE Communication", *Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.19, No.6, 2019, pp. 35-40.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.6.35>
- [12] Y. K. Oh, "A Study on the Survey Methodology in Riverbed Private Use using Integration Drone Photogrammetry and Cadastral Information", *Journal of Cadastre & Land InformatiX*, Vol.47, No.2, 2017, pp. 135-144.
DOI: <https://doi.org/10.22640/lxsi.2017.47.2.135>
- [13] J. K. Kim, Y. J. Chung, "A Study on Routing Protocol for Multi-Drone Communication", *Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.19, No.6, 2019, pp. 41-46.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2019.19.6.41>
- [14] Regulation of Technology Service enterprise, [Internet]. National Law Information Center. Available From: <http://www.law.go.kr/> (accessed December, 23, 2019)

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 토목공학과 부교수

〈관심분야〉

지형공간정보공학

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 토목공학과 교수

〈관심분야〉

지형공간정보공학, 사진측량학