

송전선 모니터링을 위한 포인트클라우드 데이터 활용

박준규^{1*}, 엄대용²

¹서일대학교 토목공학과, ²한국교통대학교 토목공학과

Application of Point Cloud Data for Transmission Power Line Monitoring

Joon-Kyu Park^{1*}, Dae-Yong Um²

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation

요약 우리나라는 급격한 경제발전으로 전력소비량이 크게 증가하고 있으며, 원활한 전력의 공급을 위해 많은 송전탑 및 송전선이 설치되고 있다. 고압 송전선은 주로 알루미늄 연선으로 제작되며, 전선을 느슨하게 가선했어 약간의 처짐이 유지되도록 하고 있다. 처짐의 정도는 공사의 품질과 전선의 수명에 많은 영향을 끼치게 되는데 시간이 지날수록 전선의 무게나 주변 환경적 요인으로 수축과 팽창이 반복적으로 일어나므로 송전선의 관리를 위해 주기적인 모니터링이 필수적이다. 본 연구에서는 3D 레이저 스캐닝 기술을 활용하여 송전선에 대한 모니터링을 수행하였다. 연구대상지의 송전선에 대한 데이터를 취득하고, 자료처리를 통해 송전선에 대한 포인트클라우드 형태의 3차원 공간정보를 추출하였다. 송전선에 대한 3차원 공간정보를 활용하여 송전선의 길이와 처짐량을 산출하였으며, 주변 장애물들과의 이격거리를 효과적으로 산출할 수 있었다. 연구를 통해 송전선 관리를 위한 3D 레이저 스캐닝 기술의 활용성을 제시할 수 있었으며, 향후 추가적인 연구를 통해 3D 레이저 스캐닝 기술이 적용된 송전선 모니터링 방안이 개발된다면 송전선 관리의 효율성 증대에 크게 기여할 것이다.

Abstract Korea is experiencing a rapid increase in electricity consumption due to rapid economic development, and many power transmission towers are installed to provide smooth power supply. The high-voltage transmission line is mainly made of aluminum stranded wire, and the wire is loosely guided so that some deflection is maintained. The degree of deflection has a great influence on the quality of the construction and the life of the cable. As the time passes, the shrinkage and expansion occur repeatedly due to the weight of the cable and the surrounding environment. Therefore, periodic monitoring is essential for the management of the power transmission line. In this study, the power transmission lines were monitored using 3D laser scanning technology. The data of the power transmission line of the study area was acquired and the point cloud type 3D geospatial information of the transmission line was extracted through data processing. The length of the transmission line and deflection amount were calculated using the 3D geospatial information of the transmission line, and the distance from the surrounding obstacles could be calculated effectively. The result of study shows the utilization of 3D laser scanning technology for transmission line management. Future research will contribute to the efficiency of transmission line management if a transmission line monitoring system using 3D laser scanning technology is developed.

Keywords : 3D Laser Scanning, Deflection, Monitoring, Pointcloud, Power Transmission Line

본 논문은 2015년 한국연구재단 기본연구지원사업(NRF-2015R1D1A1A01060007)의 지원을 받아 연구되었습니다.

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

Tel: +82-10-6430-5066 email: dyum@ut.ac.kr

Received September 27, 2018

Revised October 7, 2018

Accepted November 2, 2018

Published November 30, 2018

1. 서론

우리나라는 경제발전으로 인해 많은 양의 전력이 필요하게 되었으며, 전력이 필요한 기업이나 가정에 안정적인 전력 공급을 위해 많은 송전탑과 송전선을 설치하고 있다[1]. 송전선은 전선을 느슨하게 설치하여 약간의 처짐을 유지하도록 설치하는데 처짐량은 송전선의 수명에 많은 영향을 미치게 되며, 시간이 지남에 따라 전선의 자중과 주변 환경 요인으로 인한 수축과 이완이 일어나 변위가 발생함으로 주기적인 모니터링과 관리가 필요하다[2,3]. 송전선의 처짐을 측정하는 방법은 크게 직접법과 간접법으로 구분하는데 직접법은 사람이 직접 송전탑에 올라가 측정하는 방법이다[4,5]. 이 방법은 사람이 직접 송전탑에 접근해야 하므로 안전사고가 발생할 수 있고, 많은 인력과 시간이 소요되며, 작업 중 송전탑의 전력을 차단해야 하는 단점이 있다. 간접법은 토탈스테이션과 같은 기기를 이용하는 방법으로 특정지점의 좌표를 취득하고, 분석하는 방법으로 직접법보다 안전사고를 줄일 수 있다[6-8]. 하지만 송전선의 특정 지점을 측정하는데 오차가 발생할 수 있으며, 전선의 두께나 측정 시 바람 등으로 인해 측정이 어려운 경우가 있어 효율성이 다소 떨어지는 단점이 있다.

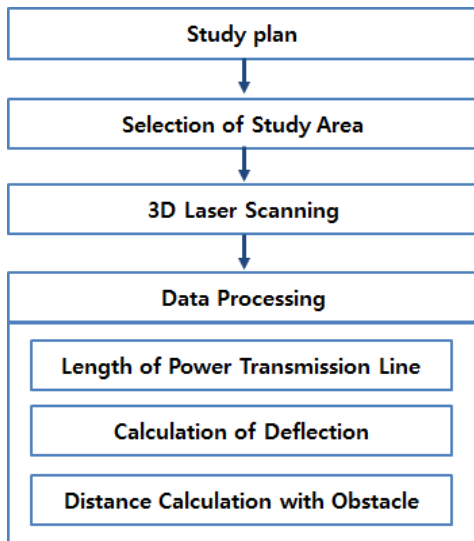


Fig. 1. Study Flow

이에 본 연구에서는 3D 레이저 스캐닝 기술을 적용한 효율적인 송전선 모니터링 방안을 제시하고자 하였다.

송전선에 대한 3차원 공간정보를 취득하고, 후처리를 통해 송전선 모니터링을 위한 송전선 길이, 처짐량, 장애물과의 거리 등을 산출하였다. Fig. 1은 연구흐름도를 나타낸다.

2. 연구대상지

본 연구에서는 송전선 모니터링을 위한 3D 레이저 스캐닝 기술의 적용성을 파악하고자 경기도 인근에 위치한 송전탑 및 송전선을 연구대상지로 선정하고, 3D 레이저 스캐닝을 수행하였다. Fig. 2는 3D 레이저 스캐너이며, Fig. 3은 연구대상지를 나타낸다.



Fig. 2. 3D Laser Scanner

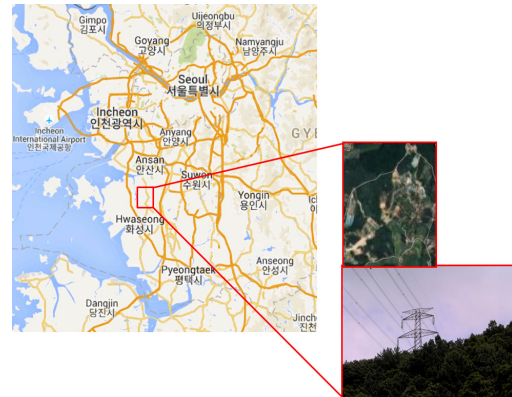


Fig. 3. Study Area

3. 데이터 취득 및 처리

데이터 취득을 위해 T사의 TX8 3D 레이저 스캐너를 활용하였으며, 송전탑 및 송전선에 대해 약 200m 거리에서 2회에 걸쳐 연구대상지를 스캐닝 하였다. Fig. 4는

연구대상지의 포인트클라우드를 나타낸다.

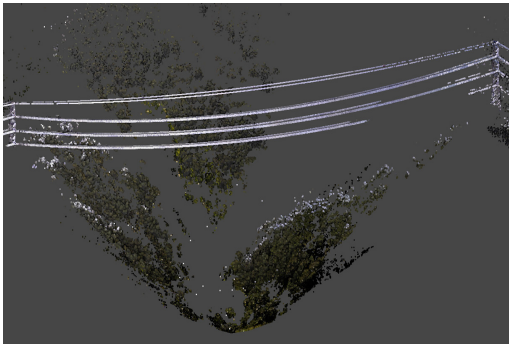


Fig. 4. Pointcloud

송전선 모니터링을 위한 자료처리는 TRW(Trimble Real Works)소프트웨어를 활용하였다. 취득된 데이터의 정합 및 추출을 수행하였으며, 데이터의 정합은 형상 기반 정합을 이용하여 자동으로 수행하였다. Fig. 5는 정합 및 추출을 완료한 데이터를 나타낸다.

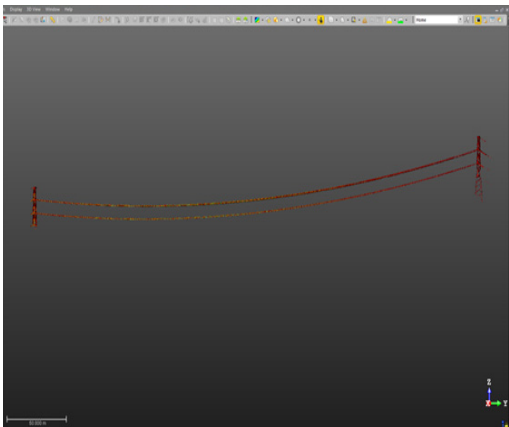
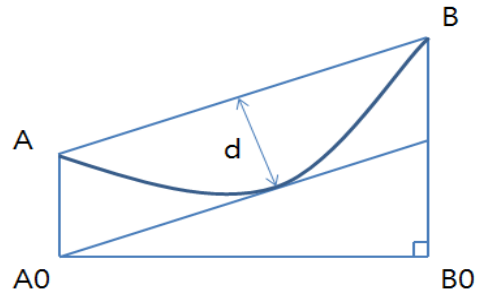
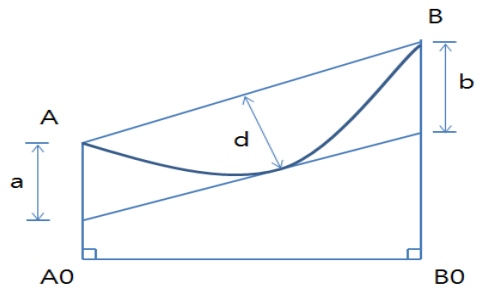


Fig. 5. Registration and Extraction Completed Data

기존에는 송전선의 처짐을 측정하기 위해 사람이 직접 송전탑에 접근하여 측정하는 등장법, 이장법 등의 방법을 사용해 왔다. 등장법은 양쪽 송전탑의 하단에서 측정점의 시준이 가능할 때에만 측정할 수 있는 단점이 있고, 이장법은 송전선이 포물선임을 가정하는 방법으로 두 방법 모두 최대 처짐이 발생하는 지점을 정확하게 관측할 수 없다는 단점이 있다. Fig. 6은 기존의 송전선 처짐 측정 방법을 나타낸다[9].



(a) Isometric Method



(b) Different Length Method

Fig. 6. Existing Deflection Measurement Method

본 연구에서는 송전선 모니터링을 위해 3D 레이저 스캐닝을 통해 취득된 포인트클라우드를 활용하였다. 포인트클라우드는 수많은 점들로 이루어져 있으며, 각각의 점들은 고유의 좌표를 가지고 있어 각종 분석에 활용할 수 있으며, 기존 측정방법의 단점을 보완할 수 있다. Fig. 7은 송전선의 모니터링을 위해 포인트클라우드로부터 송전선을 모델링한 결과이다.

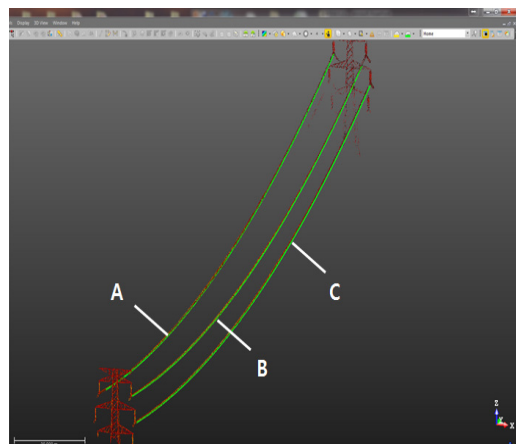
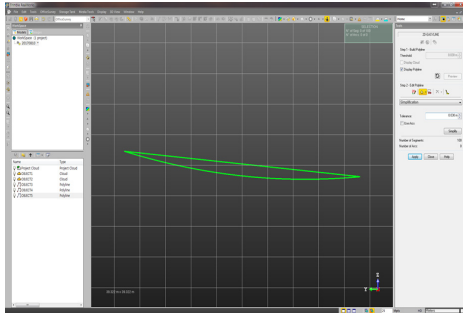
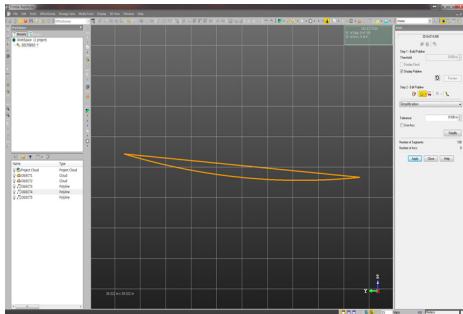


Fig. 7. Modeling of Power Transmission Line

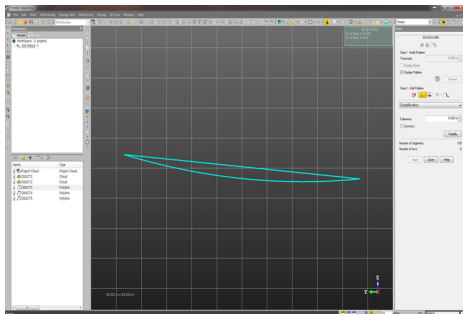
송전선의 모델링 결과로부터 각 송전선의 길이를 계산하고, 송전선의 처짐을 계산하기 위해 송전선 끝단을 잇는 직선을 생성하였으며, 각 송전선의 처짐량을 계산하였다. Fig. 8은 송전선의 처짐계산을 위한 단면생성 결과를 나타낸다.



(a) A Power Transmission Line



(b) B Power Transmission Line



(c) C Power Transmission Line

Fig. 8. Cross Section

포인트클라우드 데이터를 이용한 송전선의 처짐 계산은 특정 지점이 아닌 송전선 전반에 대한 처짐량을 산출할 수 있는 장점이 있으며, 대상지역이 스캐닝 범위 이내라면 각 송전탑 사이의 시준에 관계없이 송전선의 처짐량을 산출할 수 있다. Table 1은 각 송전선에 대한 길이, 최대처짐량, 장애물과의 최소이격거리를 나타내며, Fig. 9 - Fig.11은 각 송전선에 대한 처짐량을 시각적으로 나

타낸 것이다.

Table 1. The length of Power Transmission line, Maximum Deflection, and Minimum Separation Distance from the Obstacle

Power Line	Length	Maximum Deflection	Minimum Separation Distance
A	365.045m	-15.405m	-
B	367.742m	-15.295m	-
C	369.558m	-15.323m	31.335m

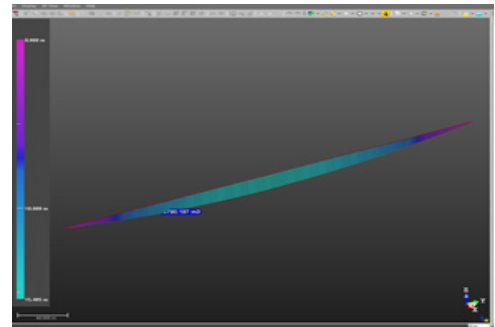


Fig. 9. Deflection of Power Transmission Line A

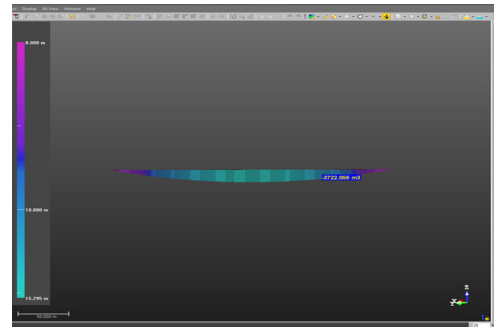


Fig. 10. Deflection of Power Transmission Line B

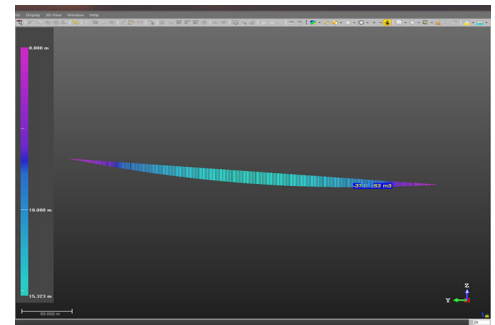


Fig. 11. Deflection of Power Transmission Line C

3D 레이저 스캐닝 데이터를 이용하여 각 송전선의 길이와 처짐량을 Table 1과 같이 산출할 수 있었다. 연구 대상지 송전선의 최대 처짐은 송전선별로 각각 -15.405m, -15.295m, -15.323m로 산정되었으며, 이는 특정 지점에 대한 처짐이 아니라 해당 송전선에서 발생한 최대 처짐이기 때문에 기존의 방법으로 측정하기 어려운 값이다. 또한 사람이 직접 송전선에 접근하지 않아도 되기 때문에 송전선 관리 및 안전사고 예방에 기여할 수 있다.

송전탑 및 송전선 관리에 있어 시설물 주변 장애물과의 거리 측정은 매우 중요한 관리 요인이라 할 수 있다. 본 연구에서는 취득된 데이터를 활용하여 송전탑 및 송전선 주변의 장애물들과 시설물의 이격거리를 계산하였다. 이격거리 계산을 위해 지형지물과 가장 가까운 C 송전선으로부터 1m 두께의 단면을 생성하고, 단면에 대한 분석을 수행하였다. Fig. 12는 이격거리 계산 과정이며, Fig. 13과 Fig. 14는 송전선과 주변 장애물 간의 이격거리를 산출한 단면을 나타낸다.

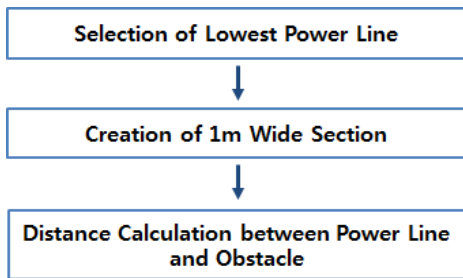


Fig. 12. The process of distance calculation

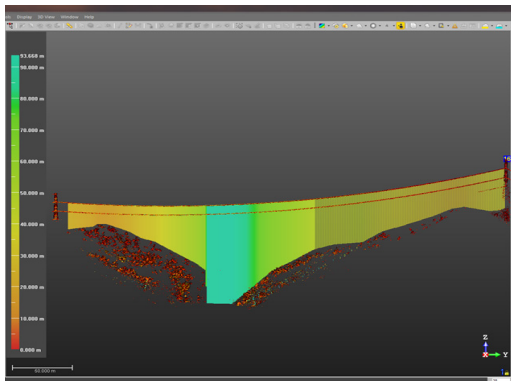


Fig. 13. Distance between the Power Transmission Line and Surrounding Obstacles

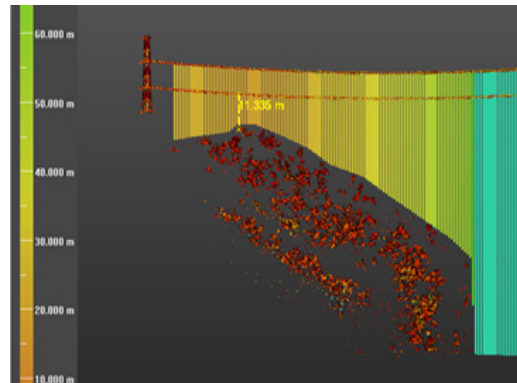


Fig. 14. Minimum Separation Distance between Power Transmission Line and Surrounding Obstacles

송전선과 가장 가까운 장애물은 수목들이었으며, 최소 이격거리는 31.335m로 나타났다. 연구를 통해 송전선의 길이, 처짐량 및 주변 장애물들과의 이격거리를 효과적으로 산출할 수 있었으며, 3D 레이저 스캐닝을 활용한 방법은 기존의 인력에 의한 직접측정 방법보다 안전사고를 크게 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

향후, 중요 지점에 대한 자동화된 3D 레이저 스캐닝 적용 송전탑 및 송전선 모니터링 방안이 개발된다면 전력관리의 효율성을 크게 증가시킬 것이다. Fig. 15는 3D 레이저 스캐닝을 활용한 송전탑 및 송전선 모니터링 방안의 개요를 나타낸다.

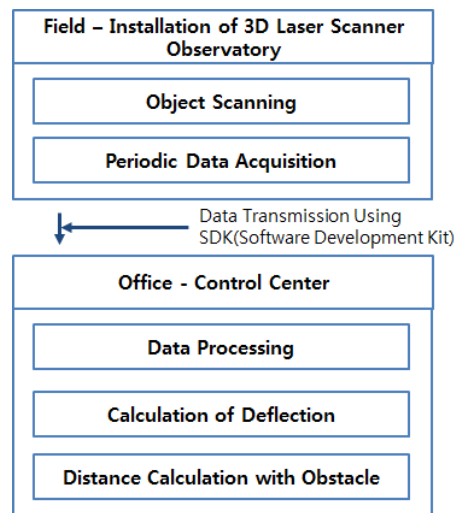


Fig. 15. Concept of Monitoring Power Transmission Tower and Power Transmission Line

4. 결론

본 연구는 3D 레이저 스캐닝 기술을 활용하여 송전선에 대한 모니터링을 수행한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 연구대상지 송전선에 대한 데이터를 취득하고, 자료처리를 통해 송전선에 대한 3차원 공간정보를 추출하였으며, 이를 활용하여 송전선의 길이와 처짐량, 주변 장애물과의 이격거리를 효과적으로 산출하였다.
2. 3D 레이저 스캐닝 기법을 활용한 방법은 기존의 직접 측정방법에 비해 안전사고를 감소시킬 수 있으며, 특정 지점이 아닌 송전선 전반에 대한 처짐과 주변 장애물과의 이격거리를 산출할 수 있어 송전탑 및 송전선 모니터링에 활용성이 매우 크다.
3. 향후, 추가적인 연구를 통해 3D 레이저 스캐닝 기술이 적용된 송전선 모니터링 방안이 개발된다면 송전선 관리의 효율성 증대에 크게 기여할 것이다.

References

[1] Y. J. Kim, J. H. Oh, C. N. Lee, "Electric Power Line Dips Measurement Using Drone-based Photogrammetric Techniques", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.35, No.6, pp. 453-460, December, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.6.453>

[2] J. B. Lee, S. Y. Kim, H. M. Jang, Y. Huh, "Detection of Unauthorized Facilities Occupying on the National and Public Land Using Spatial Data", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.36, No.2, pp. 67-74, April, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2018.36.2.67>

[3] O. S. Song, J. R. Koo, "Vibration Measurement of a Transmission Line Using Image-processing Technique", *Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng.*, Vol.28, No.2, pp.181-187, April, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.5050/KSNVE.2018.28.2.181>

[4] J. K. Park, K. Y. Jung, "Application of Laser Scanner for Mine Management and Mining Plan", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol.7, No.6, pp.693-700, June, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/ajmahs.2017.06.89>

[5] Z. Hu, S. Wei, J. Jiang, "Application of 3D Laser Scanning Technology in Inspection and Dynamic Reserves Detection of Open-Pit Mine", *Journal of Physics*, Vol.910, pp. 1-7, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/910/1/012046>

[6] J. J. Yun, J. C. Choi, J. H. Moon, "A Design on Optical System of LiDAR Sensor for Unmanned Vessels", *The Journal of the KICS*, Vol.43, No.1, pp.167-174, March, 2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7840/kics.2018.43.1.168>

[7] Y. H. Kim, K. W. Jun, "Analysis of Debris Flow Disaster Area according to Location Change of Check Dam using Kanako-2D", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol.33, No.1, pp.128-134, March, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2018.33.1.128>

[8] G. H. Kim, S. W. Park, M. J. Kim, D. S. Lee, H. S. Choi, "Development of numerical model for estimating thermal environment of underground power conduit considering characteristics of backfill materials", *Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association*, Vol.19, No.2, pp.121-141, March, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.9711/KTAJ.2017.19.2.121>

[9] S. M. Park, O. S. Song, "Vibration Characteristics of Stockbridge Damper for Transmission Line", *Trans. Korean Soc. Noise Vib. Eng.*, Vol.28, No.4, pp.417-422, August, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.5050/KSNVE.2018.28.4.417>

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