

머신러닝 기법을 활용한 교량데이터 설계 시 슬래브두께 예측에 관한 연구

홍철승* 김효관** 이세희***

A Study on the Use of Machine Learning Models in Bridge on Slab Thickness Prediction

Chul-Seung Hong* Hyo-Kwan Kim** Se-Hee Lee***

요약 본 논문은 머신러닝을 활용하여 교량 데이터 설계 시 기존 엔지니어의 구조해석결과 또는 경험 및 주관에 따라 슬래브 두께를 예측하여 왔던 프로세스를 머신러닝 기법을 적용하여 디지털 기반 의사결정이 가능하도록 제시한다. 본 연구에서는 슬래브 두께 선정을 구조해석 외에 머신러닝 기법을 활용하여 엔지니어에게 가이드 값을 제공하게 함으로써 신뢰성 있는 설계 환경을 구축하고자 한다. 교량 데이터 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 거더교를 기준으로 상부구조물 중 슬래브 두께를 예측하기 위한 예측모델 프로세스를 정의 하였다. 각 프로세스 별 예측 값을 산출하기 위하여 다양한 머신러닝 모델 (Linear Regress, Decision Tree, Random Forest, Muliti-layer Perceptron)을 프로세스 별 결합하여 최적의 모델을 도출하였다. 본 연구를 통해 기존 구조해석을 통해서만 슬래브 두께 예측을 하였던 영역에 머신러닝 기법의 적용 가능성을 확인하였으며 정확도 또한 95.4%를 도출하였다. 향후 프로세스 확장 및 데이터를 지속 확보하여 예측모델 정확도를 향상시킨다면 공사 환경에 머신러닝 모델이 지속 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This paper proposes to apply machine learning to the process of predicting the slab thickness based on the structural analysis results or experience and subjectivity of engineers in the design of bridge data construction to enable digital-based decision-making. This study aims to build a reliable design environment by utilizing machine learning techniques to provide guide values to engineers in addition to structural analysis for slab thickness selection. Based on girder bridges, which account for the largest proportion of bridge data, a prediction model process for predicting slab thickness among superstructures was defined. Various machine learning models (Linear Regress, Decision Tree, Random Forest, and Muliti-layer Perceptron) were competed for each process to produce the prediction value for each process, and the optimal model was derived. Through this study, the applicability of machine learning techniques was confirmed in areas where slab thickness was predicted only through existing structural analysis, and an accuracy of 95.4% was also obtained. models can be utilized in a more reliable construction environment if the accuracy of the prediction model is improved by expanding the process

Key Words : Machine Learning, Correlation, Girder bridge, Deep Learning

1. 서론

인공지능 연구가 활발해진 시대에 엔지니어링 영역

에서도 관련 연구가 점차 증가하고 있다. 본 논문에서는 교량(거더교) 공사 시 구조 해석을 통해 설계 시 필요한 규격 및 재원을 설정했다. 기존의 방법으로는 주

This Paper was studied with the support of the 'Digital Engineering Big Data Platform Construction' project of the Ministry of Trade, Industry and Energy in 2023 (project number 20017131)

* Corresponding Author: Korea National Engineering Center, Korea Institute of Industrial Technology (cshong@kitech.re.kr)

** Department of Fintech, Korea Polytechnics

*** Korea National Engineering Center, Korea Institute of Industrial Technology

Received September 25, 2023

Revised October 12, 2023

Accepted October 17, 2023

니어 엔지니어 입장에서 참조할 수 있는 가이드 값이 필요하다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 머신러닝 기법을 적용하여 공사 프로세스 별 예측모델을 개발하고 정확도를 95.4%를 도출하는 방법을 제시하였다.[1]

주니어 엔지니어 활용성에 초점을 두어 머신러닝을 통해 산출된 가이드 값을 제공하여 구조해석 외에 참조할 수 있는 값을 만드는데 목적이 있다. 또한 거더교의 상부 구조물인 슬래브 두께 설계 까지 필요한 예측 모델을 모두 프로세스화 하여 머신러닝을 적용하였다.[2]

엔지니어는 슬래브 두께 설계 시 먼저 필요한 거더개수를 확인하여야 한다. 다음으로 거더간격을 확인하고 마지막 단계에 슬래브 두께를 설계에 반영한다.[3] 각 모델에 필요한 입력 값은 상관분석 등을 통해 도출된 값을 적용하여 예측한다.



그림 1. 슬래브 두께 예측 프로세스
Fig. 1. Process of Predicting Slab Thickness

2. 본론

2.1 이론적 고찰

2.1.1 상관분석

상관 분석은 통계측면에서 두 변수 간 선형적 관계를 갖고 있는 지를 분석하는 방법이다. 두 변수는 각각 독립적인 관계거나 서로 관계가 있을 수 있으며 이때 두 변수 간 관계를 상관관계(Correlation coefficient)라 한다. 상관관계 계수를 제공 시키면 한 변수가 다른 변수를 설명하는 설명력이 된다. 상관관계는 두 변수 간 연관 정보를 나타낼 뿐 인과 관계를 설명하는 것

은 아니다. 두 변수 간에 원인과 결과의 인과관계를 확인하려면 회귀분석 등을 통하여 인과관계의 실제 수치를 모델 결과를 분석하여 확인해 볼 수 있다.[4]

2.1.2 머신러닝

머신러닝 또는 기계학습은 컴퓨터에 데이터의 문제지와 답지를 제공하고 해당 데이터를 학습한 후 자동으로 문제지를 보여주면 미래의 답을 예측하는 프로세스이다. 예를 들어 문제지로 할인정보 (40%, 60%)와 정답지로 판매량 (100개, 140개)를 학습한 후 미래의 50% 할인정보를 요청하면 예측값을 120개로 수요를 예측하는 것과 같다. 머신러닝은 자동으로 개선하는 컴퓨터 알고리즘의 연구로 인공지능의 한 분야로 간주된다. 컴퓨터가 학습할 수 있도록 하는 알고리즘과 기술을 개발하는 분야이며 머신러닝을 통하여 과거의 공사 재원정보 데이터를 활용하여 미래의 공사 재원정보를 예측할 수 있다.[5]

2.1.3 딥러닝

심층 학습 또는 딥러닝은 여러 '비선형 변환기법'의 조합을 통해 높은 수준의 추상화 작업 (다량의 데이터나 복잡한 자료들 속에서 핵심적인 내용 또는 기능을 요약하는 작업)을 시도하는 기계 학습 알고리즘의 집합으로 정의되며, 큰 틀에서 사람의 사고방식을 컴퓨터에게 가르치는 기계학습의 한 분야라고 이야기할 수 있다.[6][7]

2.1.4 학습모델 구성

본 연구에서 사용하는 학습모델 프로세스는 먼저 과거 교량 공사데이터를 활용하여 비정상데이터를 제거한다. 비정상데이터는 빈값(NULL Value) 및 컬럼 이름 표준화 작업등이 포함된다. 이후 상관분석을 통해 정답지에 영향을 미치는 특성 값을 찾아낸다.[8]

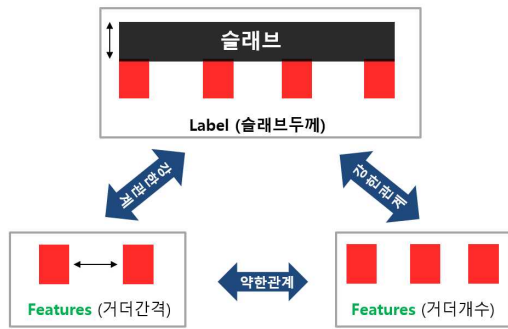


그림 2. 상관분석
Fig. 2. Correlation Analysis

상관분석을 통해 바닥 슬래브 두께에 영향을 주는 특성 값(폭원 데이터)을 선정 한 후 과거 모델(머신러닝 및 딥러닝 모델)을 적용하여 예측한다. [9]

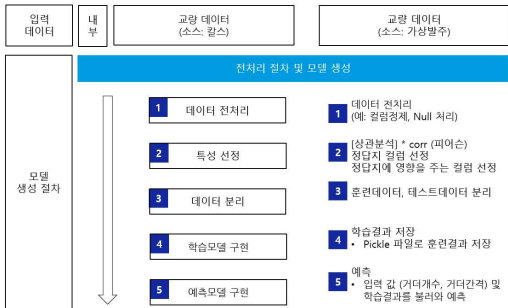


그림 3. 학습 및 예측모델 프로세스
Fig. 3. Training and Predicting Model Process

2.2 연구 방법

2.2.1 데이터 및 실험환경 준비

머신러닝 모델을 적용한 과거 국내기준 20년 공사데이터 거더교 교량공사 데이터를 활용한다.

표 1. 데이터
Table 1. Data

Data Source		Count	Comment
Construction Data	Calse	355	Bridge Tye: Girder
	Virtual Order	69	

개발환경은 아나콘다 환경을 활용하여 진행하였으며, 동시 접속자 테스트를 위하여 JMeter 프로그램을 활용한다.

표 2. 실험환경
Table 2. Test Environment

Category	Program	Comment
Developing Environment	Anaconda	2023.7 Version
User Requests Environment	JMeter	5.6.2

2.2.2 실험 조건

예측 모델은 다양한 모델을 경합할 수 있도록 구성하여 정확도를 비교한 후 가장 효과적인 파라미터 값도 튜닝을 통하여 비교 및 확인한다. 예측모델은 Linear Regression 등 머신러닝 모델과 Multi-layer Perceptron 딥러닝 모델로 구성한다.

표 3. 예측모델 구성
Table 3. Analytics Model Configuration

	Method	Comment
1	Linear Regerssion	LR
2	Decision Tree	DT
3	Random Forest	RF
4	Multi-layer Perceptron	MLP

2.3 실험

2.3.1 거더개수 예측

거더개수를 예측하기 위하여 거더개수에 영향을 주는 특성값을 상관분석을 통해 선정한다.

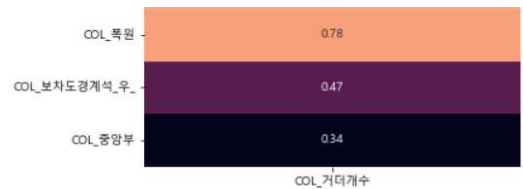


그림 4. 거더개수 상관분석 결과
Fig. 4. Girder count correlation result

폭원을 입력 값으로 설정하고 거더개수를 예측하기 위하여 Linear Regression, Multi-layer Perceptron 등의 설정 모델을 활용하여 예측모델을 구성한다.



그림 5. 거더개수 예측모델
Fig. 5. Girder count Predicting Model

거더개수 예측모델은 모델 경합결과 최적의 모델은 82.4% 정확도가 산출된 Decision Tree 모델이 선정되었다.

표 4. 거더개수 예측모델 정확도 비교
Table 4. Predicting the number of girders Accuracy

	Method	Accuracy	Comment
1	Linear Regerssion	74.34	
2	Decision Tree	82.24	best
3	Random Forest	81.00	
4	Multi-layer Perceptron	-	

2.3.2 거더간격 예측

거더간격을 예측하기 위하여 거더간격에 영향을 주는 특성값을 상관분석을 통해 선별한다.



그림 6. 거더간격 상관분석 결과
Fig. 6. Gap of Girder correlation result

바닥 슬래브두께를 입력 값으로 설정하고 거더간격을 예측하기 위한 예측모델을 구성한다.



그림 7. 거더간격 예측모델
Fig. 7. Gap of Girder Predicting Model

거더간격 예측모델은 모델 경합결과 최적의 모델은 88.02% 정확도가 산출된 Decision Tree 모델이 선정되었다.

표 5. 거더간격 예측모델 정확도 비교
Table 5. Gap of Girder Prediction Model Accuracy

	Method	Accuracy	Comment
1	Linear Regerssion	73.92	
2	Decision Tree	88.02	best
3	Random Forest	87.87	
4	Multi-layer Perceptron	72.80	

2.3.3 슬래브 두께 예측

슬래브(바닥판) 두께를 예측하기 위하여 슬래브 두께에 영향을 주는 특성 값을 산출한다.

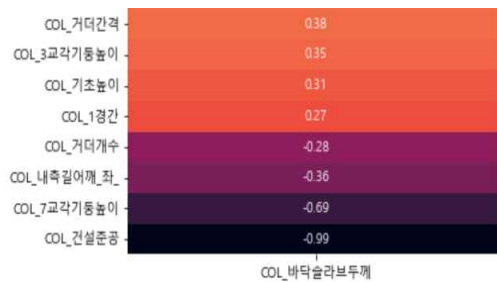


그림 8. 슬래브두께 상관분석 결과
Fig. 8. Slab thickness correlation result

상부구조물 및 데이터의 빈값을 제외한 특성만 남긴 후 (거더개수, 거더간격) 실험 조건으로 설정한 모델을 활용하여 예측모델을 구성한다.



그림 9. 슬래브두께 예측모델
Fig. 9. Slab Thickness Predicting Model

슬래브두께 예측모델은 정확도가 95.41%인 Decision Tree 모델이 선정되었다.

표 6. 슬래브두께 예측모델 정확도
Table 6. Predicting the Slave thickness Accuracy

	Method	Accuracy	Comment
1	Linear Regerssion	93.50	
2	Decision Tree	95.41	best
3	Random Forest	94.88	
4	Multi-layer Perceptron	62.62	

2.3.4 프로세스 예측

교량데이터 공사 시 교량 폭에 따른 거더개수를 예측하고, 거더개수가 산출되면 폭에 따른 거더간격은 자동으로 산출할 수 있다. 이후 거더개수 및 거더간격 데이터를 활용하여 교량의 슬래브(바닥판) 두께를 예측하는 프로세스까지 분석모델을 적용하여 설계 가이드 값을 생성하는 모델을 적용하였다. 본 논문에서는 거더간격을 슬래브(바닥판) 두께에 따라 역으로 예측하는 모델도 추가정의하여 향후 검증모델로 활용할 수 있도록 모델을 구성하였다.

표 7. 공사 프로세스 단계별 예측 정확도
Table 7. Prediction Model Accuracy by Process

	Method	Model	Comment
1	거더개수 예측	Decision Tree	82.24
2	거더간격 예측		88.02
3	슬래브(바닥판) 두께 예측		95.41

3. 결론

교량데이터 공사 프로세스에 인공지능 모델을 어떻게 적용할지에 대한 연구는 지속 발전하고 있다. 유지관리를 위한 의사결정 부분과 노후교량 관리 등 사후처리 부분에 관한 연구 활동이 대부분이다.[10] 본 연구에서는 실 프로젝트에서 구축한 데이터레이크(공사 정보 등)의 수집된 데이터를 기반으로 엔지니어링 산업의 특정 설계 프로세스(슬래브 두께)를 사후관리가 아닌 설계 시점에 적용하기 위하여 인공지능 모델을 적용하는 부분을 연구하였다. 분석 모델은 다양하지만 어느 산업현장의 어떤 프로세스에 적용할지에 대한 고민은 산업군 도메인의 이해에서부터 시작한다. 본 논문에서는 교량데이터 중 거더교를 대상으로 연구하며 구형 범위를 상부 구조물의 슬래브 두께 예측 프로세스로 정하여 프로세스 별 필요한 예측모델을 정의 하였다. 각 예측 모델은 머신러닝 및 딥러닝 모델을 결합하여 최적의 Decision Tree 모델을 선정하였다. 기존 구조해석 프로세스를 머신러닝이 대체해도 95%이상 정확도가 나온다는 부분을 실험을 통하여 도출하였다. 향후에는 예측 결과를 건축정보모델 등의 시스템과 연계하여 설계 외에 실제 예측한 자원 모델품을 추천하는 시스템도 추가 연구할 과제이다.

REFERENCES

- [1] Lee, Chi Dong, Kang, Sang Gyu, Jang, Suk Jun, and Kim, Sae Hwan, "A Study on the Crack Width Analysis of Composite Plate Girders Bridge," in KSCE Journal of Civil Engineering, 2020, pp. 2099-2100.
- [2] Cha Taegweon and Ilyoung Jang, "Structural Characteristics Analysis of Steel Box Girder Bridge being stressed the PS Steel Wires at the Upper Slab of the Intermediate Support," J. Korea Inst. Struct. Maint. Insp., vol. 25, no. 2, pp. 1-7, 2021.
- [3] Lee Han Joo and Chung Chul Hun, "Minimum Thickness of Long Span Bridge Deck Slabs for Two-Girder Bridges," JOURNAL OF THE KOREAN SOCIETY OF

CIVIL ENGINEERS A, vol. 27, no. 3A, pp. 303-311, 2007.

- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/Correlation>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_learning
- [7] Mo-se Lee, Min-su Kang, In-ho Kim, and Jae-hun Kim, "Design and Performance Comparison of Docker Container Based Deep Learning Model Management System for Real-Time Analysis," The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 46, no. 2, pp. 390-400, 2021, doi: 10.7840/kics.2021.46.2.390
- [8] Cosmas Ifeanyi Nwakanma, Ade Pitra Hermawan, Jae-Min Lee, & Dong Seong Kim ., Heterogeneous IoT Sensor Data Classification for Emergency Detection using Machine Learning. Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences., pp263., 2021
- [9] Cho, Keunhee, Park, Ki-Tae, and Cho, Jeong-Rae, "Temperature Effect on Modal Parameters of Reinforced Concrete Slab Bridge," KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research , 2022, pp. 210-211.
- [10] HyoJoon An, PARK KI TAE, Jung kyusan, KIM YUHEE, and LEE JONGHAN, "A Comparative Study on Seismic Fragility of RC Slab Bridge Considering Aging Effect of Components," The Korea Institute For Structural Maintenance and Inspection, vol. 25, no. 6, pp. 177-184, 2021.

저자약력

홍철승 (Chul-Seung Hong)



- 2008년 3월 ~ 2012년 8월
고려대학교 전기전자전파공학부 학사
- 2012년 7월 ~ 2016년 2월:
SK건설 플랜트엔지니어링
- 2016년 3월 ~ 2018년 8월:
포항공과대학교 엔지니어링대학원
- 2019년 12월 ~ 현재:
한국생산기술연구원 국가엔지니어링센터 연구원

※ 관심분야 : 인공지능, 산업데이터 분석, 엔지니어링

김효관 (Hyo-Kwan Kim)



- 2001년 3월 ~ 2007년 8월:
성균관대학교 정보통신공학부 학사
- 2011년 9월 ~ 2017년 2월:
한국교통대학교 컴퓨터공학과 석/박사
- 2007년 3월 ~ 2017년 11월:
도담시스템스 소프트웨어개발 & 삼성 SDS 데이터분석그룹
- 2017년 12월 ~ 현재:
한국폴리텍대학 스마트금융과 교수

※ 관심분야 : 인공지능, 금융데이터 분석, 핀테크

이세희 (Se-Hee Lee)



- 2007년 3월 ~ 2013년 2월 :
아주대학교 산업공학과 석/박사
- 2013년 3월 ~ 2014년 6월 :
아주대학교 공학연구소 전임연구원
- 2014년 6월 ~ 현재
한국생산기술연구원 국가엔지니어링센터 선임연구원

※ 관심분야 : 인공지능, 지식 기반 시스템, 엔지니어링