

신경망 기반 교량 상태 모니터링을 위한 유한요소해석 학습데이터 생성 전략

김정수*, 김규원**, 정규신***
*한국건설기술연구원 연구전략기획본부
** (주)포어시스
***한국건설기술연구원 구조연구본부
e-mail: jeongsookim@kict.re.kr

A Data Generation Strategy Using FEM for Neural Network-Based Bridge Condition Monitoring

Jeongsoo Kim*, Kyuwon Kim**, Kyu San Jung***

*Dept. of Research Strategic Planning, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**Foresys Inc.

***Dept. of Structural Engineering, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약

교량 구조물의 이상상태 감지를 위한 신경망 모델 학습에는 충분한 양의 레이블링된 데이터 확보가 필수적이나, 실측 기반의 이상상태 데이터를 확보하기는 현실적으로 어렵다. 본 연구에서는 지점침하, 재료열화 등 주요 이상상태 시나리오를 가정하고 유한요소해석(FEM)을 통해 학습데이터를 생성하였으며, 노이즈 부가를 통한 데이터 증강을 함께 수행하였다. 학습데이터는 변위 응답만을 입력으로 구성한 경우와 변위 및 단면력을 함께 구성한 경우로 나누어 다층퍼셉트론(MLP) 모델의 학습에 각각 적용하고 그 결과를 비교하였다. 본 연구의 결과는 신경망 기반 교량 이상상태 감지 모델의 학습데이터 구축 전략 수립에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 위성 SAR(Synthetic Aperture Radar) 기술의 발전으로 교량 구조물의 변위 응답을 원격으로 취득하는 것이 가능해졌으나, 계측 측정 수의 제약으로 인해 취득 가능한 데이터는 제한적이다. 이러한 환경에서 실시간 이상상태 감지를 구현하기 위해서는 적은 입력 정보로도 효율적으로 작동하는 경량 모델이 요구되며, MLP 기반 신경망 모델은 이에 적합한 대안이 될 수 있다.

2. 유한요소해석 기반 신경망 모델 구축

신경망 모델의 학습에는 충분한 양의 이상상태 데이터가 필요하나 실측을 통한 확보가 어려우므로, FEM을 통한 학습데이터 생성이 대안이 될 수 있다. 본 연구에서는 프레임 유한요소 해석으로 정상 및 이상상태 응답 데이터를 생성하였다.

재료열화 및 지점침하 이상상태 시나리오를 가정하고 다양한 차량 하중 조건을 포함하여 630개의 해석 조건을 구성하였으며, 변위뿐만 구성된 경우와 변위 및 단면력을 혼합한 경우로 데이터를 생성하고 이상상태 정보를 라벨링하였다. 해당 데이터셋에 가우시안 노이즈를 적용해 데이터셋을 증강하여 4,840개 데이터셋을 생성하였다. 구축한 데이터셋에 대한 다중 분류가 가능하도록

MLP 모델을 설계 및 생성하고, 학습 모델의 손실함수 곡선 및 이상감지 상태 분류에 대한 오차행렬을 통해 데이터셋 구성에 따른 분류 성능을 비교하였다.

3. 결론

본 연구에서는 FEM 기반 학습데이터 구축 전략을 통해 MLP 모델의 교량 이상상태 감지 적용 가능성을 검토하였다. 변위 및 단면력을 혼합한 입력 구성이 변위만을 사용한 경우에 비해 이상상태 분류 성능 향상에 효과적임을 확인하였으며, 향후 다양한 교량 형식 및 손상 시나리오로의 확장 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

[1] 안영휘, “기계학습 기반의 교량 위험성 모니터링 시스템 모델”, 한국지식정보기술학회논문지, 제18권 5호, pp. 1265-1272, 2023년.

감사의글

본 연구는 과학기술정보통신부 한국건설기술연구원 주요사업으로 수행되었습니다 (과제번호 20260202-001, 위성 SAR 기반 인프라 재해 대응 기술 개발).