

# 딥러닝 및 생태모방기법 적용을 통한 노후 학교건물 내진보강의 경제성 및 미관 향상†

조준영\* · Fahimeh Yavartanoo\*\* · 이정준\*\*\* · 김재경\*\*\* · 백승현\* · 강준석\*\*\*\*

\*서울대학교 농업생명과학대학 생태·조경 지역시스템공학부 석사과정 ·

\*\*서울대학교 농업생명과학대학 선임연구원 · \*\*\*서울대학교 환경대학원 협동과정 조경학 박사과정

\*\*\*\*서울대학교 농업생명과학대학 조경·지역시스템공학부 부교수, 공학박사

## I. 서론

학교 시설은 학생들이 장시간 기거하는 특성상 안전을 중시하여야 하나, 행정안전부(2019)의 조사에 따르면 2019년 기준 내진율이 49%로 전체 공공시설물의 내진율을 밑도는 공공시설 중 하나이다. 학교 내진보강에 걸리는 평균적 시간은 12.5개월로 상당한 시간이 소요된다. 이 점을 보완하기 위한 방안이 요구되고 있다. 국내 지진현황은 일본에 비해 강도가 강하지 않은 중진 구역에 포함되어 있다. 하지만 현재 학교건물의 보강시설물은 일본의 특성에 맞게 과대 설계되어 있어, 국내 특성에 맞게 변경할 필요성이 있다. 국내에도 지진 위험성이 증가하고 있는 추세로, 내진 보강 공법에 대한 수요도 증가하고 있다.

기존 내진보강 사례들은 경관성을 고려하지 않은 사례들로 생태모방을 활용해 경제적·경관성을 향상시키고 디자인 혁신을 추구해야 한다. 이에 추가적으로 시간과 비용을 절감하고 경제성을 확보하기 위해 딥러닝 기반 구조해석 자동화 설계도 필요한 실정이다. 이에 더하여 내진보강설계에 생태모방을 적용하여 좀 더 효율적이고 주변환경, 학교건물에 어울리는 내진보강모형을 제시하려고 한다.

딥러닝은 머신 러닝의 일종으로 연속된 계층을 쌓아올린 신경망 모델을 통하여 데이터로부터 표현을 학습하는 수학적 모델을 의미한다(Chollet, 2017). 딥러닝은 현재 비교적 정확하고 효율적인 표현 도구로서 다방면에서 활용되고 있으며, 본 연구에서도 그러한 딥러닝의 가능성을 설계 측면에서도 활용하고자 한다.

따라서 본 연구는 딥러닝 기반의 최적화 내진보강설계 모델을 개발하고, 딥러닝과 생태모방을 이용하여 안전하고 친환경적인 경관이 반영된 경제적인 모델을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.

생태모방은 본디 생물의 구조적 특징을 활용하여 에너지 및

물질의 효율이 높은 기술을 개발하는 것이며, 현 세대에 적용 범위와 의미가 확장되어 건축물의 외관과 안전성 문제 해결을 위한 모델을 자연에서 가져오는 것도 생태모방의 범주에 들게 되었다(Ngoc *et al.*, 2020). 본 연구에서는 생태모방을 내진보강설계의 측면만이 아닌, 학교건물의 외관을 고려하는 미적설계의 일환으로서 활용하였다.

## II. 본론

### 1. 연구방법

본 연구의 연구방법은 크게 세 가지로 구분된다. 첫 번째는 일반적인 학교건물이 3~5층 사이임을 반영하여 5층 철근 프레임 골조 구조물을 설계하였다. 학교 건물이 약하고 보강이 필요하다는 가정하에 디자인되었고 중력하중을 견딜 수 있지만, 지진하중에는 저항할 수 없다고 설정하였다. 이에 기존 학교의 실제 구조시스템을 대표할 수 있는 취약구조 데이터베이스를 생성하였다. 제주도를 제외한 국내 지역에 해당하는 지진계수와 지반종류를 해석에 사용하였다. 해석에 사용된 ETABS 프로그램은 구조해석 프로그램 중에서 건물 내진설계해석에 많이 사용되고 있다.

두 번째는 내진보강기법의 한 종류인 bracing을 사용하여 취약한 구조물을 보강하였다. X-brace, V-brace, ^-brace 등 기본 유형을 우선적으로 보강설계에 사용하였고, Figure 1과 같이 9가지 평면도 계획을 기준으로 데이터베이스를 구축하였다. 각 모델의 해석결과를 활용하여 주요 특징을 추출하고 bracing의 모양, 개수, 위치에 따른 구조물의 거동을 확인하였다.

세 번째는 구축된 데이터베이스를 기반으로 딥러닝 심층학습을 진행하였다. 본 연구에서는 딥러닝 플랫폼의 한 종류인 PyTorch를 사용하여 모양/개수/위치로 선택지를 분류하여 입

†: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호 : 21CTAP-C163682-01)과 환경부 지식기반 환경서비스 전문인력 양성사업으로 지원을 받아 수행한 과제입니다.

력값을 정의하였다. 본 연구에서는 위치, 모양, 개수 측면에서 가장 최적화된 bracing시스템을 유도하기 위한 딥러닝의 사용을 탐구하였다.

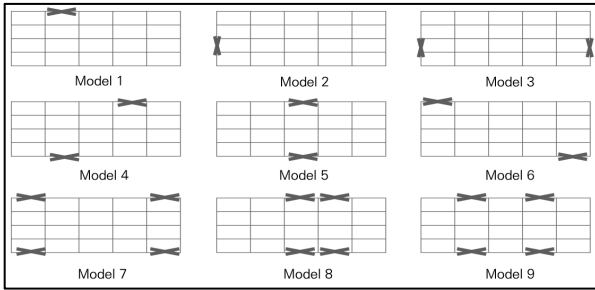


Figure 1. Bracing 위치에 따른 model 구성

## 2. 연구결과

본 연구에서 사용된 첫 번째, 두 번째 방법론에 의거하여, 각 모델의 변위 비(Drift ratio)와 Demand capacity ratio(DCR)을 살펴보았다.

변위 비는 지진하중으로 인하여 발생하는 층과 층 사이의 수평변형 차이이다. 건물을 보강하기 전 모델의 변위 비인 0.0081과 비교하여 데이터를 구축하였고, DCR 해석결과를 통해 보강이 필요한 기둥과 보의 유무를 분석했다. 국내 내진설계기준, KDS 2019에 따르면 변위 비가 허용될 수 있는 기준은 0.006 이하로 최소 2개 이상의 bracing을 적용하였을 때 허용값을 넘지 않았다. Figure 2에서 V-bracing, X-bracing, ^-bracing 순서로 변위 비의 값이 증가함을 확인할 수 있었고 Figure 1에서 Model 4, Model 5, Model 6과 같이 하중을 가한 X방향으로 brace를 수평하게 배치하였을 때 내진보강 효과가 유의미하게 큰 것으로 판단되었다. 구조해석 결과를 기반으로 PyTorch를 사용하여 변위 비의 값이 낮은 Model 4, Model 5, Model 6, Model 7, Model 8, Model 9을 정답으로 설정 및 학습을 진행하였다.

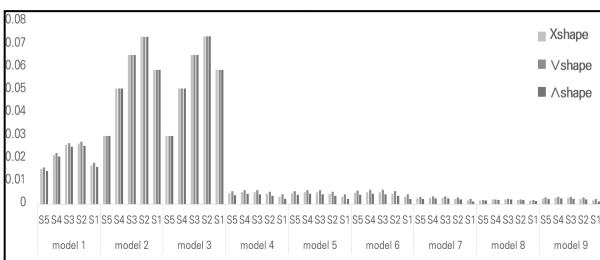


Figure 2. bracing 유형/위치/개수에 따른 층별 변위비 결과

본 연구에서는 생태모방의 문헌조사를 진행하고 2가지 생물체의 이미지 데이터를 수집하였다. 생태모방 요소는 육각형 구

조인 벌집 구조와 해면동물의 격자구조를 모방한 비너스의 꽃바구니 형태를 선택하였다. 벌집구조는 육각형 안이 비어 있는 형태로 최소한의 재료로 최대한의 공간을 만들어낸다. 외부의 충격에도 안정적이어서 충격의 약 80%를 흡수하여 건축물에 사용되고 있다. 비너스의 꽃바구니 형태는 전체적인 건축물에 개방감을 주고 외골격과 같은 격자 형태는 충격을 분산시키는 데 효율적이다. 추후 생태모방 디자인을 보강구조물에 적용하고 미적 요소를 가미할 것으로 예상된다.



Figure 3. 생태모방 대상 생물체 이미지 수집

## III. 결론

본 연구의 연구결과를 통해 변위 비의 한계값을 초과하지 않는 범위 내에서 Model 4, Model 5, Model 6의 보강시설물의 위치와 개수가 적합하다고 보였다. 4개의 보강을 사용한 Model 7, Model 8, Model 9의 변위 비와 Model 4, Model 5, Model 6의 변위 비의 차이가 미세하여 4개보다 2개를 적용한 경우가 경제적으로 효율적이라고 판단하였기 때문이다. 또한 딥러닝 학습을 통해 학교건물 뿐만 아니라 다른 건물들의 내진보강시스템 유형을 자동으로 제안하고 기존의 구조해석 시간을 절감하는 데 경제적인 효과를 향상시켰다는 데 의의가 있다. 학습을 완료한 인공지능망이 도출하는 결과에 대한 내진성능분석을 다시 진행하여 타당성을 검증하고 다른 내진보강을 적용하였을 경우와 비교하여 그 적합성을 검증하였다. 본 연구를 통하여 딥러닝으로 최적화된 학교건물의 효율적인 내진보강설계 자동화 및 주변 환경을 고려한 경관성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. Francois Chollet(2017) Xception: Deep Learning with Depthwise Separable Convolutions, Computer Vision Foundation.
2. Ngoc San Ha and Guoxign Lu(2020) A review of recent research on bio-inspired structures and materials for energy absorption applications, Composites Part B 181, 107496.
3. 배해진, 박은진, 이은옥(2019) 생태모방의 현재적 개념-지속가능한 발전을 위한 생태적 접근. 한국환경생태화학지 33(1):116-123.
4. <https://www.aurum.re.kr>