

# Hidden Layer의 개수가 Deep Learning Algorithm을 이용한 콘크리트 압축강도 추정 모델의 성능에 미치는 영향에 관한 기초적 연구

## A Basic Study on the Effect of Number of Hidden Layers on Performance of Estimation Model of Compressive Strength of Concrete Using Deep Learning Algorithms

이 승 준\*

Lee, Seung-Jun

이 한 승\*\*

Lee, Han-Seung

### Abstract

The compressive strength of concrete is determined by various influencing factors. However, the conventional method for estimating the compressive strength of concrete has been suggested by considering only 1 to 3 specific influential factors as variables. In this study, nine influential factors (W/B ratio, Water, Cement, Aggregate(Coarse, Fine), Fly ash, Blast furnace slag, Curing temperature, and humidity) of papers opened for 10 years were collected at 4 conferences in order to know the various correlations among data and the tendency of data. The selected mixture and compressive strength data were learned using the Deep Learning Algorithm to derive an estimated function model. The purpose of this study is to investigate the effect of the number of hidden layers on the prediction performance in the process of estimating the compressive strength for an arbitrary combination.

키 워 드 : 압축강도, 배합 인자, 딥 러닝, 히든 레이어

keywords : compressive strength, mixture factor, deep learning, hidden layer

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

콘크리트의 압축강도는 거푸집의 탈형 시기의 결정, 콘크리트 품질 관리의 자료 등으로 사용하기 때문에 정확한 콘크리트의 압축강도 추정은 중요하다. 압축강도 발현에 다양한 영향인자가 영향을 미침에도 불구하고 기존의 강도 추정 기법은 분체량, W/B, 적산온도 등의 소수의 인자만이 적용되어 왔기 때문에 신뢰도에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 기존 문헌에서 발췌한 콘크리트 배합 데이터를 수집하고 보다 많은 영향인자를 포함하는 배합 및 압축강도 데이터를 선정하였다. 선정된 배합과 압축강도 데이터를 Deep Learning Algorithm을 이용해 학습시켜 추정 함수 모델을 도출하고 임의의 배합에 대한 압축강도를 추정하는 과정에서 Hidden Layer의 개수가 예측 성능에 미치는 영향을 파악하는 것이 연구의 목적이다.

## 2. 연구 계획

본 연구에서는 국내 4개 학회에 10년간 게재된 논문에서 배합 데이터 621개를 수집하였고, 이중 W/B를 20~72%로 사용하고, 고로슬래그, 플라이애쉬 혼입량, 양생온도와 습도를 포함한 9가지의 배합인자가 포함된 최종적인 521개의 배합을 선정하였다. 선정된 배합을 Deep Neural Network(DNN)에 적용하여 추정 함수 모델 도출을 진행하였다. Hidden Layer의 수가 분석에 미치는 영향을 파악하기 위해 Hidden Layer의 수를 2,3,4,5로 나눠 분석을 진행하였고, DNN의 특성상 학습 횟수가 증가함에 따라 오차율이 다시 증가하는 변곡점의 필연적으로 발생하는데, 그 위치를 찾기 위해, 17000회까지 학습을 진행한 후, 임의의 131개의 배합에 대해 Algorithm이 도출한 모델을 이용하여 재령 28일 추정 압축강도와 실측 압축강도의 오차율을 통해 성능을 평가하였다.

### 2.1 Deep Neural Network

Deep Neural Network (DNN)은 인간의 뇌가 패턴을 인식하는 방식을 모사한 Algorithm이며 Input Layer, Hidden Layer, 그리고 Output

\* 한양대학교 건축시스템공학과 석사과정

\*\* 한양대학교 ERICA캠퍼스 건축학부 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

Layer로 구성되어 있다. Input Layer에서는 주어진 배합 인자를 다음 Hidden Layer에 속해있는 노드들로 전달하며, 각 노드들은 입력 받은 배합 인자의 값을 해당 노드의 가중치(Weight)와 곱하여 다음 Layer로 전달한다. 본 연구에서는 각 Layer에 속한 Node의 수는 1000개, Activation Function으로는 ReLU, Learning Rate는 0.001로 설정하였고, Optimizer는 “Adam(Adaptive Moment Estimation)”를 사용하였다. 학습기법으로는 오차 역전파(Backpropagation) 기법을 사용하여 노드의 가중치를 조정하였다.

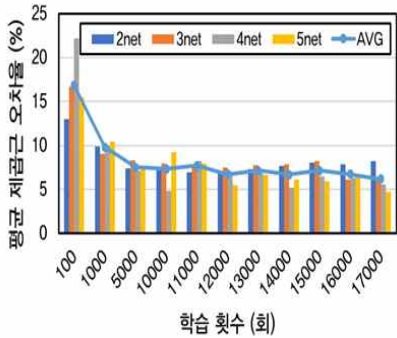


그림 1. 히든 레이어와 학습 횟수에 따른 평균 제곱근 오차율과 그 평균

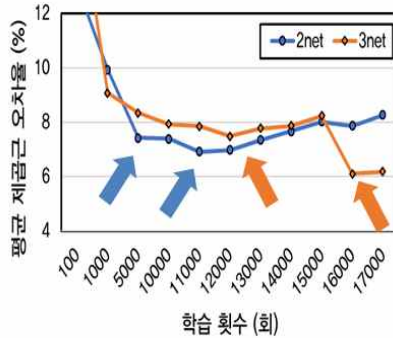


그림 2. 히든 레이어와 학습 횟수에 따른 평균 제곱근 오차율의 변곡점(2net,3net)

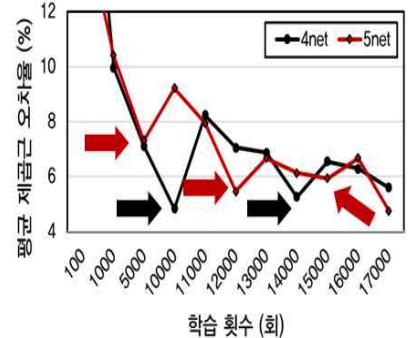


그림 3. 히든 레이어와 학습 횟수에 따른 평균 제곱근 오차율의 변곡점(4net,5net)

### 3. 결과 및 분석

그림 1은 학습 횟수와 Hidden Layer의 개수를 조정함에 따라 도출된 추정함수 모델의 성능을 평가하기 위해 학습 횟수, Hidden Layer 개수 별 평균 제곱근 오차율과 그 평균을 나타낸 것이다. 학습 횟수가 증가함에 따라 평균 제곱근 오차율은 전반적으로 감소하는 경향을 보였으나, 오차율이 다시 증가하는 변곡 구간이 11000, 13000, 15000회에서 확인되었다. 이는 Hidden Layer의 개수에 따라 오차율의 변곡점이 다르게 존재하기 때문으로 판단된다. 이후 17000회에 최소값인 6.21%까지 다시 감소하였다. 그림 2,3은 Hidden Layer의 개수와 학습 횟수에 따른 평균 제곱근 오차율을 나타낸다. Hidden Layer의 개수가 2, 3, 4개인 경우 오차율의 변곡점이 각각 2개씩 나타나고, 4개의 경우 1개 이상 더 존재할 것으로 판단된다. (2Net(1000, 11000), 3Net(12000, 16000), 4Net(10000, 13000, 17000회 이상) 5개인 경우 오차율의 변곡점이 3개 나타나고, 1개 이상이 더 존재할 것으로 판단된다. (5Net(5000, 11000, 15000, 17000회 이상)) Hidden Layer의 개수가 증가할수록 오차율의 변곡점이 다수 확인되나, 평균 제곱근 오차율이 보다 감소하기 때문에 예측 성능이 좋아지는 것으로 판단된다.

### 4. 결 론

본 연구 결과 DNN을 통해 압축강도를 추정할 때 최소 평균 제곱근 오차율인 4.76%가 Hidden Layer 5개에서 나타났기 때문에 Hidden Layer의 개수를 증가시키는 것이 적합할 것으로 판단된다. 또한 Hidden Layer의 개수가 변화함에 따라 변곡점의 위치도 변화하기 때문에 다양한 학습 횟수에서의 분석이 필요할 것으로 판단된다. 하지만 Hidden Layer의 개수와 학습 횟수가 증가함에 따라 분석에 소요되는 시간이 크게 차이 나기 때문에 압축강도 예측성능의 적절한 오차 범위내에서 오차율과 분석시간의 효율성에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

### Acknowledgement

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다. (No. 2015R1A5A1037548)]

### 참 고 문 헌

1. 이승창, 인공지능망을 이용한 콘크리트 강도 추정, 한국콘크리트학회 2002년도 봄 학술발표회 논문집, pp.997~1002, 2002.5
2. 신경망을 이용한 콘크리트 배합 요소 및 압축강도 추정, 한국콘크리트학회 논문집 제14권 제4호, pp.457~466, 2002.8