

배합 인자를 고려한 Machine Learning Algorithm 기반 콘크리트 압축강도 추정 기법에 관한 연구

A Study on the Estimation Method of Concrete Compressive Strength Based on Machine Learning Algorithm Considering Mixture Factor

이 승 준* 이 한 승**
Lee, Seung-Jun Lee, Han-Seung

Abstract

In the construction site, it is necessary to estimate the compressive strength of concrete in order to adjust the demolding time of the form, and establish and adjust the construction schedule. 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, six influential factors (Water, Cement, Fly ash, Blast furnace slag, Curing temperature, and humidity) of papers opened for 10 years were collected at three conferences in order to know the various correlations among data and the tendency of data. After using algorithm of various methods of machine learning techniques, we selected the most suitable regression analysis model for estimating the compressive strength.

키 워 드 : 압축강도, 배합 인자, 머신 러닝
Keywords : Compressive Strength, Mixture Factor, Machine Learning

1. 서 론

1.1 연구의 목적

콘크리트의 압축강도는 콘크리트 구조물의 가장 중요한 역학적 성질이며 이러한 압축강도를 통해 현장에서는 콘크리트 품질관리의 자료로 사용한다. 콘크리트 공시체의 압축 강도는 다양한 영향인자에 의해 결정되지만 기존의 강도 추정 기법은 W/B, 혼화재 혼입량, 양생온도 등의 소수의 인자만을 변수로 고려하여 제시되어 왔기 때문에, 실측된 콘크리트의 압축강도가 추정 압축강도와 많은 차이를 보인다. 이에 본 연구에서는 국내 기존 문헌에서 발췌한 콘크리트 배합표를 수집 후 적용범위를 결정하여 선정된 배합 및 압축강도를 머신러닝 기법의 다양한 알고리즘에 적용해 압축강도를 추정하는 것이 목적이다.

2. 연구 계획

본 연구에서는 콘크리트 압축강도 추정에 영향을 미치는 배합 인자 간의 상관관계 및 데이터의 성향을 알기 위해, 국내 3개 학회에 10년간 게재된 논문에서 배합 데이터 621개를 수집하였고 이중 W/B를 40~65%, 고로슬래그, 플라이애쉬를 사용한 배합을 분류하여 최종 237개의 배합을 선정하였다. 선정된 배합을 머신러닝의 알고리즘(Linear Regression, Support Vector Machine (SVM), Artificial Neural Networks (ANN))에 적용하여 학습시킨 후 각 기법, 알고리즘이 도출한 모델에 무작위로 선정된 30개의 배합에 대한 추정된 압축강도와 재령 28일 실측 압축강도의 오차를 확인하여 성능을 비교하였다.

2.1 Machine Learning Algorithm

2.1.1 Linear Regression

Linear Regression은 한 개 이상의 인자를 포함하는 독립 변수 x (관측 자료)와 이에 종속된 변수 y (결과 값)간의 선형 상관관계를 모델링 하는 회귀 분석 기법 중 하나이다. 여러 모델 예측 함수 중 본 논문에는 Ordinary Least Squares (OLS) 기법을 사용하였다. 각각의 기법들은 알고리즘의 연산 복잡도, 학습 데이터 분포에 대한 가정, 인자 및 변수 간의 상관 관계에 대한 이론적 가정 등이 다르므로 필요에 따라

* 한양대학교 건축시스템공학과 석사과정

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

적절한 기법을 선택함이 중요하다. 만들어진 선형 모델은 새로 주어진 관측 자료 값에 따라 선형 모델에 기반하여 추정 값을 도출해 낸다.

2.1.2 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM)은 여러가지 커널 함수를 필요에 맞게 사용하여 주어진 데이터를 고차원 특징 공간으로 사상(Mapping)하여 원하는 결과를 쉽게 도출한다. 먼저 SVM 기반의 분석은 최대한 많은 배합 인자가 주어진 선형 회귀선을 중심으로 여분(Slack)의 폭 안에 들어오게 함을 목표로 하며 이때 여분의 총 크기는 가급적 작아야 한다. 회귀 선의 최적화 문제는 Lagrange Multiplier로 구할 수 있다. 본 논문에서는 Linear, Radial Basis Function(RBF) 커널을 사용하였다.

2.1.3 Artificial Neural Networks (ANN)

인공 신경망(Artificial Neural Networks: ANN)은 인간의 뇌가 패턴을 인식하는 방식을 모사한 알고리즘이며 Input Layer, Hidden Layer, 그리고 Output Layer로 구성되어 있다. Input Layer에서는 주어진 배합 인자를 바로 다음 Hidden Layer에 속해있는 노드들로 전달하며 각 노드들은 입력 받은 배합 인자의 값을 해당 노드의 가중치(weight)와 곱하여 다음 Layer로 전달한다. ANN을 회귀 분석에 사용할 경우 Hidden Layer의 노드들로부터 전달받은 값들은 모두 합한 뒤 해당 값이 학습 시 주어졌던 결과 값이 될 수 있도록 역전파(Backpropagation) 기법을 사용하여 노드의 가중치를 조정했다.

3. 결과 및 분석

분석한 모델과 무작위로 선정된 30개의 데이터와의 오차가 Linear Regression 분석 기법의 경우 최소 오차율 1%, 평균 오차율 10.1%로 나타났다. SVM RBF의 경우는 최소 오차율 0.1%, 평균 오차율 12.9%로 나타났고, SVM Linear의 경우 최소 오차율 2.7%, 평균 오차율 29.1%로 나타났다. 마지막으로 기존에 연구에서 분석된 바 있는 ANN의 경우 최소 오차율 0.9%, 평균 오차율 22.6%로 나타났다. 기존의 연구들 보다 많은 배합 데이터를 분석에 이용하였음에도 분석 Algorithm의 완성도와 더 많이 고려한 배합 인자의 수 때문에 오차율이 급증한 것으로 판단된다.

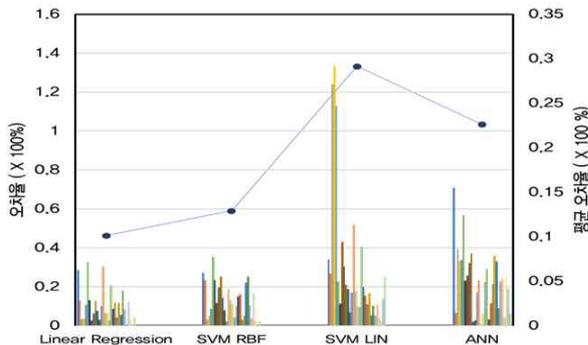


그림 1. 무작위로 선정된 30개 데이터의 분석 기법, 알고리즘에 따른 오차율

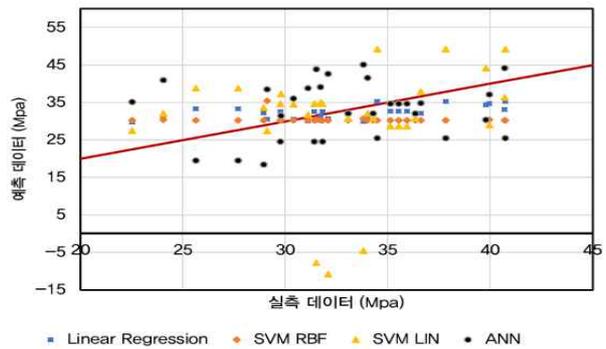


그림 2. 무작위로 선정된 30개 데이터의 예측 값과 실측 값의 비교

4. 결 론

본 연구 결과 압축강도 추정을 위해 사용된 4가지 기법 및 Algorithm중에서 Ordinary Least Squares 기법을 사용한 Linear Regression Algorithm의 성능이 가장 우수하였지만, 평균 오차율이 10.1%로 나타났기 때문에 압축강도 추정에 적용하기에는 한계가 있는 것으로 판단된다. 이는 Algorithm의 완성도와 더 많이 반영된 배합 인자의 수 때문으로 판단되기 때문에 추후 발전된 형태의 Algorithm인 Deep Neural Network(DNN)의 기법들로의 연구 및 적용이 요구된다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다. (No. 2015R1A5A1037548)]

참 고 문 헌

1. 이승창, 인공신경망을 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