

신경망 이론을 적용한 40MPa급 증해추출 왕겨분말을 혼입한 고강도 무시멘트 모르타르 배합설계모델에 관한 연구

A Study on the Mix Design Model of 40MPa Class High Strength Mortar with Rice Husk Powder Using Neural Network Theory

조승비¹ · 김영수^{2*}

Cho, Seung-Bi¹ · Kim, Young-Su^{2*}

Abstract

The purpose of this study is to propose a 40MPa mortar mixed design model that applies the neural network theory to minimize wasted effort in trial and error. A mixed design model was applied to each of the 60 data using fly ash, blast furnace slag fine powder and thickened rice husk powder. And in the neural network model, the optimized connection weight was obtained by repeatedly applying it to the MATLAB. The completed mixed design model was demonstrated by analyzing and comparing the predicted values of the mixed design model with those measured in the actual compressive strength test. As a result of the mixed design verification experiment, the error rates of the double mixed non-cement mortar using blast furnace slag fine powder and rice husk powder at a height of 40MPa were 3.24% and 3.4%. Mixed with fly ash and rice husk powder had an error rate of 3.94% and 5.8%. The error rate of the triple mixed non-cement mortar of the rice husk powder, fly ash, and blast furnace slag fine powder was 2.5% and 5.1%.

키 워 드 : 왕겨분말, 지오폴리머, 신경망 모델, 압축강도

Keywords : rice husk ash, geopolymers, neural network, compressive strength

1. 서 론

최근 비정형적이고 대형화·고층화된 건물이 많아지면서 일반 콘크리트보다 시공성, 강도, 내구성 등이 향상된 고강도 콘크리트의 사용량이 매년 증가하고 있다. 시멘트의 수요가 늘어남에 따라 해마다 시멘트 생산과정에서 발생하는 이산화탄소에 의한 환경부하 저감을 위해서는 시멘트의 사용량을 줄이거나 사용하지 않는 무시멘트에 관한 연구가 필요하다.¹⁾ 생산 공정에서 대기 오염물질을 발생시키는 기존의 무시멘트 혼화재와 달리 낮은 압력과 온도에서 서서히 추출하는 증해 방법으로 얻은 실리카는 입자가 작고 고순도의 성질을 띠기 때문에 친환경적인 고강도의 무시멘트 콘크리트의 제조가 가능하다. 하지만 무기 결합재의 종류 및 구성 비율에 따라 특성이 크게 달라지므로 각 무기 결합재의 특성을 파악하고 적절한 비율의 배합이 요구되므로, 효율적인 배합설계에 관한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 학습 효과를 갖는 신경망 모델을 이용하여 왕겨분말을 혼입한 고강도 모르타르 배합설계를 개발하고 이를 실제 데이터와 비교하여 정확성을 검증하려 한다.

2. 배합설계를 위한 모델링

2.1 데이터 수집 및 신경망 모델구조 최적화

본 연구에서는 MATLAB 프로그램을 사용하여 신경망 모델을 제작하였다. 입력 데이터의 수집은 증해추출 왕겨분말(이하 R), 플라이애쉬(이하 F), 고로슬래그 미분말(이하 G)이 들어간 고강도 무시멘트 모르타르 배합설계를 혼화재의 조합에 따라 3개의 케이스로 2성분계와 3성분계를 나누어 수집하였다. 입력 데이터는 9개의 변수를 데이터에 입력하였고, 출력변수로는 28일 압축 강도를 변수로 두었다. 최적 신경망 모델 구조를 선택하기 위해 학습률은 0.3, 0.5, 은닉층의 노드수는 1~10개로 나누어 각각 10가지 경우를 학습시킨 결과 가장 낮은 오차율을 가지는 은닉층 수는 3개로 고정하였다. 그 외 학습반복횟수는 100,000번, 학습 오차는 0.01로 선정하였다. 수집된 데이터를 학습시키는 알고리즘으로는 오류 역전파 알고리즘(back propagation)을 사용하여 배합설계 데이터를 학습시켰다.

1) 부산대학교, 건축공학과 석사과정

2) 부산대학교, 건축공학과 교수, 교신저자 (kys@pusan.ac.kr)

2.2 학습 검증

앞서 구축된 신경망 모델의 학습이 제대로 수행되었는지를 확인하기 위해 수집된 데이터와 각각의 배합표에 해당하는 가장 높은 압축강도 3개를 바탕으로 학습검증에 수행하였다. 표 1에 각각의 배합표에 해당하는 가장 높은 압축강도 3개를 선정하여 해석한 결과 압축강도와 실제 압축강도 차이를 비교하여 신경망 모델의 학습효과를 분석하였다.

표 1. 학습검증실험 결과에 따른 오차율

배합설계	실제 데이터 (MPa)	예측값 (MPa)	오차 (MPa)	오차율 (%)
40MPa (F+R)	39.0	37.2	1.8	4.6
40MPa (F+R)	40.0	38.4	1.6	4.0
40MPa (F+R)	41.0	38.2	2.8	6.8
40MPa (G+R)	39.0	40.2	1.2	3.0
40MPa (G+R)	42.0	43.6	1.6	3.8
40MPa (G+R)	41.0	39.7	1.3	3.1
40MPa (F+G+R)	37.5	36.6	1.1	2.4
40MPa (F+G+R)	43.1	43.9	0.8	1.8
40MPa (F+G+R)	40.5	41.4	0.9	2.2

2.3 모델 검증

신경망 모델을 통해 최종 도출된 배합설계로 시험체를 제작하여 압축강도 측정을 통해 모델의 검증실험을 실시하였다. 압축강도 시험용 시험체는 40MPa급 증해추출 왕겨분말을 혼입한 무시멘트 모르타르 배합설계 중 가장 높은 압축강도를 기록한 케이스로 각 케이스당 3개씩, 총 18개 시편을 KS L ISO 679 “시멘트 강도 시험방법”에 따라 제작하였으며, 모든 시험체는 온도 20±1°C, 상대습도 90%의 항온 항습기에서 28일간 양생을 실시하였다. 28일 압축강도 데이터 예측값과 예측값의 오차율은 표 2에 나타내었다.

표 2. 모델 검증실험 결과에 따른 오차율

배합설계	실험값 (MPa)			실험 평균값 (MPa)	목표 값 (MPa)	오차 (MPa)	오차율 (%)
	38.2	37.6	40.0				
40MPa (F+R)	38.2	37.6	40.0	38.6	41.0	2.3	5.8
40MPa (F+R)	38.9	40.3	39.3	39.5	38.0	1.5	3.94
40MPa (G+R)	42.5	37.2	36.7	38.8	42.0	3.2	3.24
40MPa (G+R)	40.7	39.7	38.4	39.6	41.0	1.3	3.4
40MPa (F+G+R)	41.2	42.8	42.0	42.0	43.1	1.1	2.5
40MPa (F+G+R)	37.5	38.2	39.5	38.4	40.5	2.1	5.1

3. 결 론

신경망 모델을 적용한 40MPa급 증해추출 왕겨분말을 혼입한 고강도 무시멘트 모르타르 배합설계를 예측하는 모델을 제시하고 실제 데이터를 적용시켜 학습검증과 모델검증을 실시한 결과는 다음과 같다.

- 1) 수집된 입력 데이터와 MATLAB으로 해석된 데이터를 학습검증한 결과 실제데이터와 예측값의 오차율이 1.8%~6.8%로 나타났다.
- 2) 모델 검증을 실시한 결과 최대 오차율은 증해추출 왕겨분말과 플라이애시를 혼입한 2성분계의 경우 각 5.8%, 3.94%가 나왔으며, 증해추출 왕겨분말과 고로슬래그 미분말을 혼입한 2성분계의 경우 각 3.24%, 3.4%를 나타냈다. 증해추출 왕겨분말과 고로슬래그미분말, 플라이애시를 혼입한 3성분계 배합설계의 경우 최대 오차율은 각 2.5%, 5.1%로 나타나 신경망 이론을 적용한 증해추출 왕겨분말을 혼입한 고강도 무시멘트 모르타르 배합설계모델이 됨을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2022년 한국연구재단의 지역대학우수과학자지원사업(과제번호: 2020R1I1A305291712)의 일환으로 수행된 연구를 밝히며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 김인수 외, 신경망을 이용한 콘크리트의 배합요소 및 강도추정, 콘크리트학회논문집, 제14권 제4호, pp.457~466, 2002.8