인공신경망을 이용한 강도추정 시스템의 검증에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Verification of Prediction System of Concrete Strength Using Artificial Neural Networks

송 민 섭* 박 종 호* 김 갑 수* 장 종 호** 임 재 홍*** 김 무 한****
Song, Min Seob Park, Jong Ho Kim, Kab Soo Jang, Jong Ho Lim, Jae Hong Kim, Moo Han

ABSTRACT

Traditional prediction models have been developed with a fixed equation from based on the limited number of data and parameters. If new data is quite different from original data, then the model should update not only its coefficients but also its equation form. However, artificial neural network dose not need a specific equation form. Instead of that, it needs enough input-output data. Also, it can continuously re-train the new data, so that it can conveniently adapt to new data. Therefore, the purpose of this study is to verify faith and application of prediction system of concrete strength using artificial neural networks through mock-up test

1. 서론

최근 콘크리트는 사용재료, 배합, 제조과정 등의 다양화를 통하여 콘크리트구조물의 복잡화·대형화·초고층화·고기능화 등 건설 현장에서 요구되는 성능을 충족시키고 있으나 이로 인해 품질관리 및 공정관리의 어려움이 증가되고 있는 추세이다. 특히 콘크리트 거푸집의 탈형시기 결정은 효율적인 품질 및 공정관리를 위해서 다양한 콘크리트에 대응할 수 있는 압축강도 추정법이 필요한 실정이다.[4), 5)]

또한 압축강도 추정방법에 관한 지속적인 연구가 이루어졌으나 콘크리트의 압축강도가 콘크리트를 구성하는 시멘트, 잔골재, 굵은골재 등의 사용재료, 배합비, 구성 재료량, 시공방법, 양생 및 시험방법 등의 수많은 영향 인자에 의해 결정됨에도 불구하고 기존의 제시되어 있는 방법들은 영향 인자 중 1~3가지 정도의 영향 인자만을 고려함에 따라 그 신뢰성에 한계가 있다.

이에 따라 정보를 처리함에 있어 효율성이 우수하고 다양한 변수를 동시에 고려할 수 있는 인공신경망(ANN, Artificial Neural Networks)을 이용한 강도추정방법[1), 2), 3)]이 개발되어 기존의 회귀분석법 같은 이차원적인 분석법을 대체할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 하지만 인공지능망을 이용한 강도추정방법은 연구기간이 짧고, 기존의 방법을 대체할 수 있는 신뢰성이 충분히 입증될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서 설계기준강도별 모의부재 실험을 통하여 인공신경망을 이용하여 개발된 인공신경망 강도 추정 시스템[2)]의 신뢰성을 검증하고자 한다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정
*** 정회원, 현대산업개발(주) 기술연구소, 소장
**** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수 · 공박

2. 인공신경망을 이용한 강도 추정 시스템의 개요

기존 연구에서 개발된 인공신경망을 이용한 동절기 공사용 콘크리트 압축강도 추정 시스템은 그림 1과 같이 ANN-I 구조에서는 타설일 평균 온·습도만이 타설 후 1일 강도 추정과 관련되며, ANN-II/III 구조에서는 타설 후 1일~2일의 평균 온·습도만이 타설 후 2일~3일 강도의 증가치 추정과 관련되도록 하였다. ANN-IV와 ANN-V는 타설 후 3일~6일, 7일~28일의 평균 온·습도가 각각 타설 후 7일~28일 강도의 증가치 추정과 관련되도록 하였다. 또한, 5개의 신경망들이 연관성을 가지도록 전단계의 신경망 추정 강도가 다음 단계 신경망에 입력으로 영향을 주도록 하였다. 즉, 전단계의 신경망(ANN-I)의 추정강도가 다음 단계의 신경망(ANN-II)에 입력됨으로서, 강도 증가치 추정시에 기준강도가 되도록 하였다.[2)]

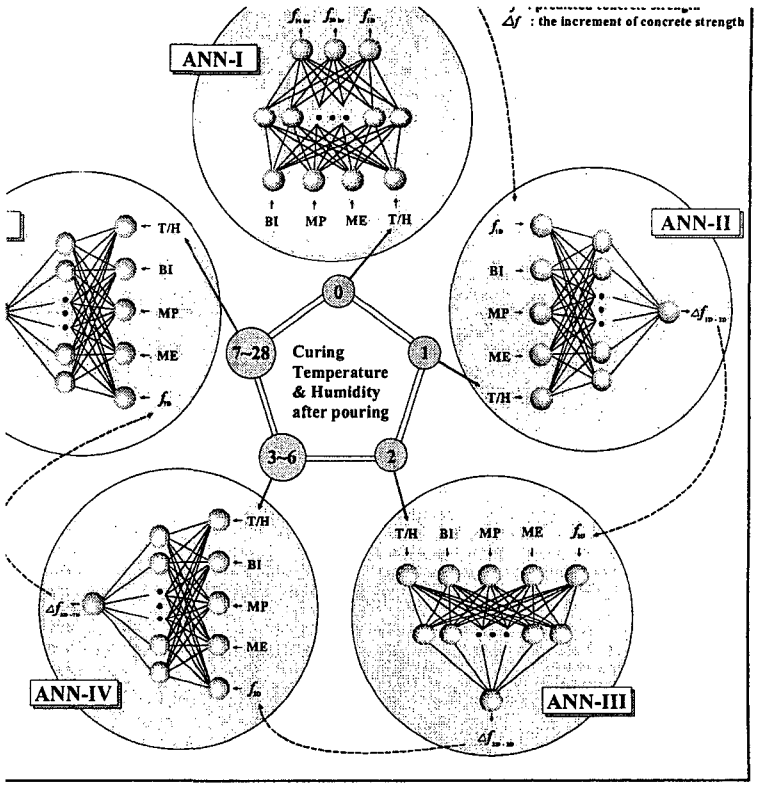

그림 1 다중신경망의 구조

또한 학습패턴을 형성하기 위해 총 24가지의 배합을 선정하여 공시체 제작 및 압축강도 시험을 실시하고 결과를 학습시킨 후, 다변수 비선형 문제에 가장 적합하고 대표적인 오류 역전파 학습 알고리즘(Error Back-propagation Training Algorithm)을 이용하여 기대값에 대한 오차를 감소시켜 연결강도(Weight)를 조정하였고 웹상으로 재령 16h, 20h, 1일, 2일, 3일, 7일, 28일에서 콘크리트의 압축강도를 추정할 수 있도록 하였다.[1), 2), 3)]

표 1 콘크리트 배합과 실험계획

평균 양생 온도 (℃)	설계 기준 강도 (MPa)	W/B (%)	목표 슬럼프 (cm)	플라이애시 대체율 (%)	잔골재율 (%)	단위수량 (kg/m³)	단위중량 (kg/m³) 시멘트	플라이애시	잔골재	굵은골재	혼화제	측정항목
5	21	55.0	18±2	10	48	180	294	33	812	978	1.64	· 양생온도 · 응결시간(h) · 온도이력(℃) · 압축강도(MPa) 재령 (2일, 3일, 7일, 28일)
	27	45.0	18±2	10	46	178	356	40	755	986	1.98	
	35	37.5	24±2	15	45	175	397	70	712	968	3.74	
	50	30.0	24±2	15	43	168	476	84	655	966	4.48	

3. 인공신경망 강도 추정 시스템의 검증

3.1 실험계획 및 방법

3.1.1 실험계획 및 배합

본 연구의 실험계획은 동절기 콘크리트의 강도를 추정하기 위해 개발된 인공신경망을 이용한 콘크리트 강도 추정 시스템의 강도추정정도를 검증하기 위하여 표 1과 같이 설계기준강도 21, 27, 35, 50 MPa의 모의부재 시험체를 제작한 후, 평균온도 5℃(싸이클 8시간)의 조건에서 측정재령까지 양생하고 코어시험체의 실측강도와 강도 추정 시스템에 의한 예측강도를 비교·분석하였다. 또한 본 실험에서 사용된 재료의 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2 사용재료의 물리적 성질

시멘트	· 1종 보통포틀랜드시멘트 · 비중 : 3.15 · 분말도 : 3,630cm²/g
플라이애시	· 비중 : 2.13 · 분말도 : 2,976cm²/g
혼화제	· 나프탈렌계 고성능감수제 · 비중 : 1.168
잔골재	· 제염사 · 최대치수 : 5mm · 비중 : 2.58 · 조립율 : 2.41
굵은골재	· 최대치수 : 25mm · 비중 : 2.89 · 조립율 : 6.94

3.1.2 모의부재 제작 및 양생방법

모의부재 콘크리트는 사진 1에서 보는 바와 같이 60×60×60 cm의 거푸집을 제작하여 높이 30 cm까지 콘크리트를 타설하여 제작한 후, 온도조절이 가능한 챔버에서 평균온도 5℃에서 양생을 실시하였다. 타설 후 48시간 후 거푸집 탈형하고, 사진 2에서 보는 바와 같이 각 재령별로 ø10×20 cm의 코어공시체를 채취하여 압축강도를 측정하였다.

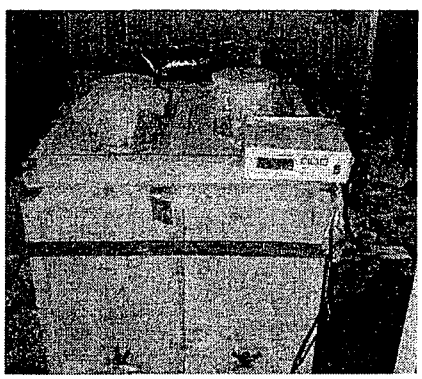

사진 1 모의부재 양생장면

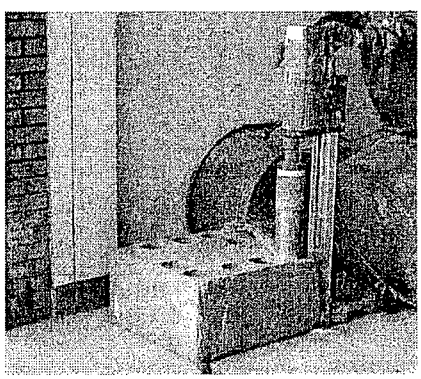

사진 2 코어채취 장면

3.2 강도 추정 시스템의 적용성 평가

그림 2는 모의부재 시험체에서 채취한 코어시험체의 실측강도와 인공신경망을 이용한 강도 추정 시스템에 의한 예측강도의 비교를 나타낸 것으로 설계기준강도 21 MPa의 경우 재령 3, 7, 28일에서 실측강도가 4.4, 10.0, 16.1, 예측강도가 8.0, 10.2, 16.4 MPa로 나타났으며, 27 MPa의 경우 실측강도가 7.9, 16.3, 21.3, 예측강도가 9.7, 13.5, 19.5 MPa로 유사하게 나타나 본 시스템에 의해 보통강도영역에서 콘크리트의 압축강도를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 설계기준강도 35 MPa 및 50 MPa의 고강도영역 콘크리트의 경우 예측강도가 실측강도에 비해 낮게 나타나고 있는데, 인공신경망 강도추정 시스템 구축 단계에서의 학습패턴이 일반적으로 쓰이는 보통콘크리트영역에 한정되어 고강도영역 콘크리트에 대한 학습부족으로 사료된다.

4. 결론

동절기 콘크리트의 압축강도를 추정하기 위해 개발된인공신경망을 이용한 강도 추정시스템을 모의부재 실험을 통하여 비교·검토하여 검증한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

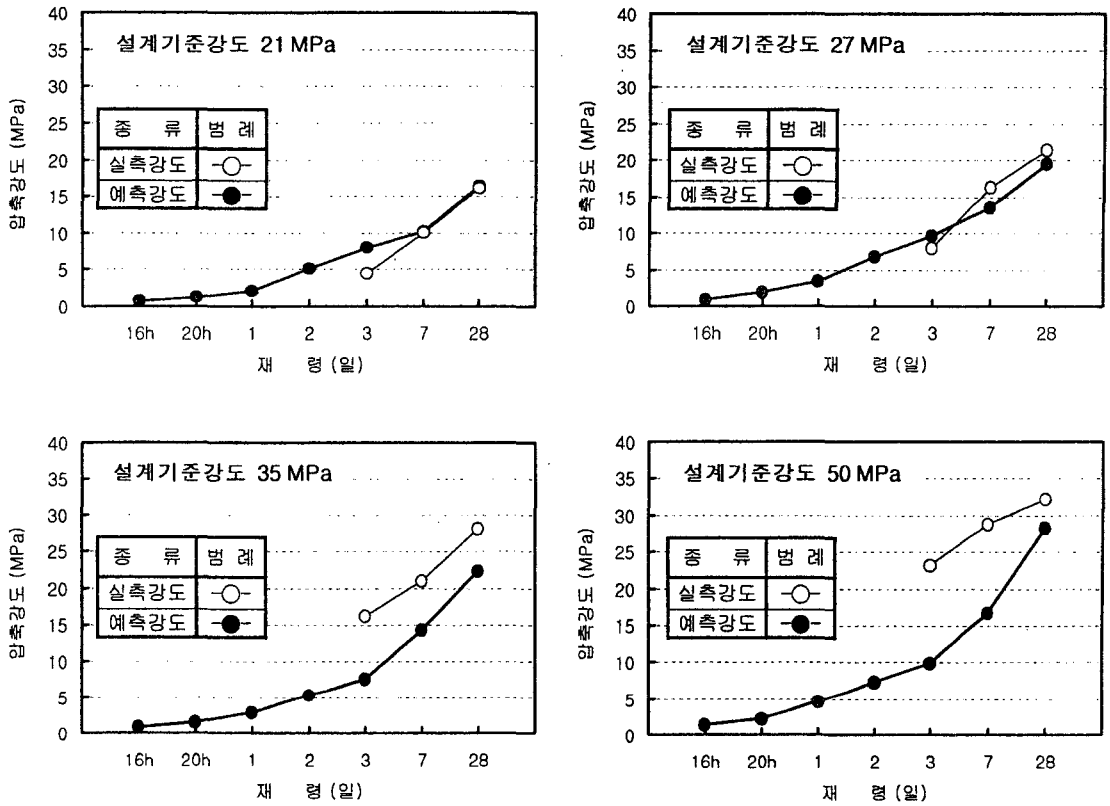

그림 2 설계기준강도별 콘크리트 실측강도와 예측강도의 변화

(1) 설계기준강도 21, 27 MPa의 보통강도영역의 콘크리트에서 실측강도와 예측강도가 유사하게 나타나고 있어 본 시스템에 의해 콘크리트의 압축강도를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 설계기준강도 35, 50 MPa의 고강도영역의 콘크리트에서는 학습패턴의 부족으로 예측강도가 실측강도에 비해 낮게 나타나고 있어 강도 추정의 신뢰성이 다소 부족한 것으로 나타나 고강도 영역 콘크리트에 관한 추가적인 학습이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 임재홍외, 인공신경망을 이용한 콘크리트 강도 추정, 한국콘크리트학회 봄 학술발표논문집 제14권 1호, 2002. 5, pp.997~1002
2. 임재홍 외, 다중 신경망을 이용한 콘크리트 강도 추정, 한국콘크리트학회 가을 학술발표논문집 제14권 2호, 2002. 10, pp.647~652
3. Happel B.L.M., Murre J.M.J., "The design and evolution of modular neural network architectures" Neural Networks, 1994. 7, pp.985~1004
4. 김무한 외, 적산온도 방법에 의한 강도예측모델의 개발에 관한 연구, 대한건축학회 봄 학술발표논문집 제22권 1호, 2002. 4, pp.83~86
5. 김무한 외, 콘크리트 강도예측을 위한 적산온도 함수의 활성화에너지에 관한 연구, 한국콘크리트학회 가을 학술발표논문집 제14권 2호, 2002, 10, pp.81~84