

# 고주파 수분 센서를 이용한 모르타르의 단위수량 평가에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Evaluation of Unit-Water Content in Mortar Using High Frequency Moisture Sensor

조 양 제\*      유 승 환\*\*      양 현 민\*\*\*      윤 종 완\*\*\*\*      박 태 준\*\*\*\*\*      이 한 승\*\*\*\*\*  
Cho, Yang-Je    Yu, Seung-Hwan    Yang, Hyun-Min    Yoon, Jong-Wan    Park, Tae-Joon    Lee, Han-Seung

### Abstract

The unit-water content of concrete is one of the important factors in determining the quality of concrete and is directly related to the durability of the construction structure, and the current method of measuring the unit-water content of concrete is applied by the Air Meta Act and the Electrostatic Capacity Act. However, there are complex and time-consuming problems with measurement methods. Therefore, high frequency moisture sensor was used for quick and high measurement, and unit-water content of mortar was evaluated through machine running and deep running based on measurement big data.

키 워 드 : 내구성, 단위수량, 고주파 수분 센서

Keywords : durability, unit-water content, high frequency moisture sensor

### 1. 서 론

콘크리트의 단위수량은 콘크리트의 품질을 결정하는 중요한 인자 중 하나로서 건설 구조물의 내구성과 직결되며, 현재는 콘크리트 단위수량 측정방법으로 에어메타 법, 정전용량 법 등이 적용되고 있다. 그러나, 측정방법의 복잡성과 시간이 많이 소요되는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 신속하고 정도높은 측정을 위해 고주파 수분 센서를 사용하고, 측정 빅데이터를 기반으로 머신 러닝과 딥러닝을 통하여 모르타르의 단위수량 평가에 관한 실험적 연구를 실시하였다.

### 2. 실험 개요

표 1은 고주파 수분 센서를 통해 측정된 W/C별 배합표 및 측정 데이터이다. 본 연구에서 사용된 단위수량 측정 센서는 고주파 수분 센서로 측정항목은 TDS, Epsilon, Salinity, VWC, EC, Temp로 6개이며, 모르타르는 KS L ISO 679의 규정에 따라 제조했다. 배합 직후부터 모르타르를 센서를 통해 1초의 간격으로 10분간 측정했으며, 동일 방법으로 5회 수행하였다.

표 1. W/C별 배합표 및 센서 측정 데이터

W/C (%)	C (Kg)	S (Kg)	W (Kg)	Temp	EC	VWC	TDS	Salinity	Epsilon
40	534.38	1603.16	213.75	19.439	3890.924	64.370	1945.209	2139.527	58.991
42.5	527.34	1582.02	224.11	19.210	4597.391	71.993	2298.457	2528.093	66.254
45	520.48	1561.44	234.22	18.818	4799.868	75.683	2399.688	2639.457	68.974
47.5	513.79	1541.38	244.05	19.740	4916.123	77.211	2457.806	2703.383	69.991
50	507.28	1521.83	253.64	18.199	5078.567	76.304	2539.034	2792.695	69.441
52.5	500.93	1502.78	262.99	17.903	5315.394	78.857	2657.451	2922.963	71.083
55	494.73	1484.19	272.1	16.603	5475.320	78.674	2737.421	3010.958	70.971
57.5	488.69	1466.06	280.99	18.270	5585.796	84.585	2792.668	3071.722	74.372
60	482.79	1448.36	289.67	19.606	5673.359	91.499	2836.432	3119.901	77.782

\* 한양대학교 스마트시티공학과 석사과정

\*\* 한양대학교 융합로봇시스템학과 석사과정

\*\*\* 한양대학교 ERICA 연구교수

\*\*\*\* 한양대학교 ERICA 산학협력중점 교수

\*\*\*\*\* 한양대학교 ERICA 로봇공학과 교수

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

### 3. 결과 및 분석

표2, 3은 고주파 수분 센서를 통해 측정된 W/C별 측정항목의 평균값을 오차에 따라 W/C별 단일 입력 Deep Learning과 다중 입력 Deep Learning 분석 정확도를 나타낸 것이며, 그림 1, 2, 3은 단일, 다중 입력 Deep Learning 기반 분석 그래프, 인공 지능 분석에 따른 정확도 그래프를 나타내었다. 고주파 수분 센서를 통해 W/C별 약 2600개, 총 23,400개의 데이터를 수집하였다. 인공 지능을 통한 데이터 분석의 경우 Mim Max Normalization 기법으로 6개씩 평균한 데이터를 사용하였으며 오차의 범위가 줄어들수록 정확도가 99.73%에서 56.18%로 나타났으며, 이는 W/C가 높아질수록 분산이 높아지는 문제가 발생하였기 때문이라고 판단된다. Deep Learning 기반 분석 데이터에서 단일 입력 모델보다 다중 입력 모델이 더 낮은 분산과 낮은 오차 영역에서 높은 정확도를 보였으나 다양한 영역의 데이터에서 추가적인 실험이 필요하다고 사료된다.

표 2. 오차에 따른 W/C별 단일 입력 Deep Learning 분석 정확도

W/C (%)	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55	57.5	60	Mean
± 1%	52.0	43.03	37.99	32.90	49.22	34.51	51.49	61.81	44.99	45.33
± 2%	83.23	71.96	62.57	64.73	73.55	68.20	77.42	87.63	67.19	72.94
± 3%	91.23	87.14	78.26	87.09	87.06	88.70	91.97	97.45	82.90	87.98
± 4%	93.52	92.85	87.90	93.76	94.40	96.02	97.38	99.81	94.10	94.42
± 5%	98.28	93.03	95.27	97.20	97.20	98.53	99.25	100.0	98.23	97.45

표 3. 오차에 따른 W/C별 다중 입력 Deep Learning 분석 정확도

W/C (%)	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55	57.5	60	Mean
± 1%	81.56	59.76	44.10	40.27	53.98	52.84	64.44	72.16	36.56	56.18
± 2%	90.26	78.80	76.09	77.98	84.23	84.22	93.15	89.16	72.45	82.93
± 3%	94.43	90.06	89.56	94.19	96.65	96.91	98.99	99.83	91.48	94.68
± 4%	97.91	97.01	96.80	98.46	99.52	100.0	100.0	100.0	99.49	98.80
± 5%	99.65	98.67	99.49	99.82	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.73

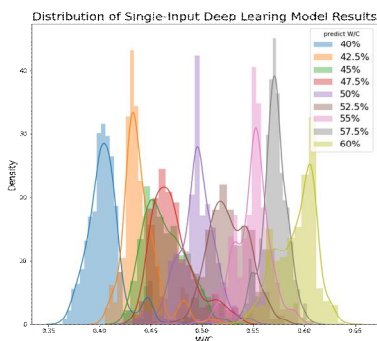


그림 1. 단일 입력 Deep Learning 분석 그래프

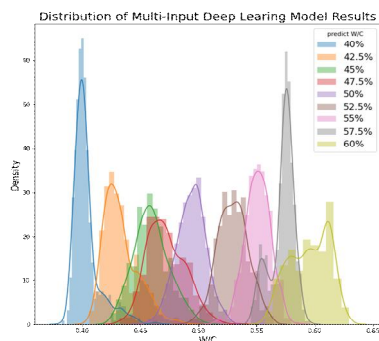


그림 2. 다중 입력 Deep Learning 분석 그래프

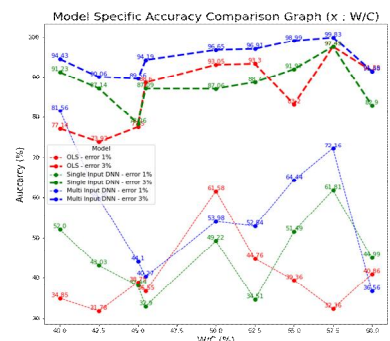


그림 3. 인공 지능 분석에 따른 정확도 그래프

### 4. 결 론

고주파 수분 센서를 통해 모르타르의 단위수량 평가에 관한 실험적 연구를 실시하였다. Machine Learning과 Deep Learning 기반 분석 데이터의 경우 ±3% 이상의 오차 범위를 가질 때 모르타르의 단위수량 정확히 평가할 수 있었다. Deep Learning 기반 데이터 분석의 경우 단일 입력에 대비해 다중 입력의 성능이 높았으며, 오차의 범위가 낮아짐에 따른 정확도를 높이기 위하여 다양한 모델링을 적용하며 추가적인 데이터 수집과 연구가 필요하다고 사료된다.

### Acknowledgement

이 연구는 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업이다.(No.2015R1A5A1037548)

### 참 고 문 헌

1. 김목규 외 5인, 마이크로 웨이브 센서를 활용한 콘크리트 단위수량 추정에 관한 실험적 연구, 한국콘크리트학회, 제30권 제2호, pp.545~546, 2018.11