

# 고주파수분센서를 이용한 콘크리트 단위수량 평가 정확도에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Accuracy of Concrete Unit-Water Content Using High-frequency Water Fraction Sensors

윤지원<sup>1</sup> · 이승엽<sup>2</sup> · 유승환<sup>3</sup> · 양현민<sup>4</sup> · 이한승<sup>5\*</sup>

Youn, Ji-Won<sup>1</sup> · Lee, Seung-Yeop<sup>2</sup> · Yu, Seung-Hwan<sup>3</sup> · Yang, Hyun-Min<sup>4</sup> · Lee, Han-Seung<sup>5\*</sup>

### Abstract

The unit quantity is an important factor influencing the durability, workability, and quality of concrete. Methods for measuring the unit quantity include a high frequency heating method, a unit volume mass method, a capacitance method, and a microwave method. However, these methods have disadvantages of poor measurement method, time required, and accuracy, and a relatively experimental method compensating for these disadvantages was used to measure the unit quantity using a high frequency main sensor (FDR) capable of simple and fast measurement. In addition, the unit quantity was evaluated by analyzing the measurement data through deep learning.

키 워 드 : 내구성, 단위수량, 고주파수분센서

Keywords : durability, unit-water content, frequency domain reflectometry sensor

## 1. 서 론

콘크리트의 내구성, 시공성 및 품질에 영향을 미치는 단위수량은 콘크리트 배합시 중요한 요인이다. 현재 콘크리트의 내구성, 시공성, 품질 등의 문제가 크게 부각되고 있는 실정이다. 단위수량을 측정 함으로서 콘크리트의 품질을 보증할 수 있다. 현재 단위수량을 측정하는 방법으로는 고주파가열법, 단위용적질량법, 정전용량법 및 간이법이 사용되고 있다. 그러나, 위의 방법들은 측정하는 방법이 복잡하여 소요시간이 느리고 휴대성이 좋지 않으며 정밀성이 떨어진다는 단점이 존재한다. 그래서 본 연구에서는 마이크로파법 중 FDR(Frequency Domain Reflectometry) 센서 즉, 고주파수분센서를 통해 위 방법들의 단점을 보완하여 측정하는 방법으로 비교적 측정방법이 간단하여 소요시간이 빠르고 휴대성이 좋은 방법이다. 또한, 정밀성을 보완하기 위해 딥러닝 기법을 통해 측정된 데이터를 해석하여 단위수량을 측정하고 측정된 단위수량 데이터에 밀도값을 추가하여 밀도값의 유무에 따른 정확도를 측정하는 실험적 연구를 실시하였다.

## 2. 실험 개요

표 1은 배합상의 단위수량 인자에 따른 배합표 및 각 인자별 단위수량 측정 데이터이다. 본 연구에서 사용된 단위수량 인자로는 160kg, 170kg, 180kg, 190kg, 200kg 및 210kg으로 총 6가지의 인자를 두었으며, 시멘트량은 고정으로 실험을 진행한다. 본 연구에서 사용된 고주파수분센서(FDR)의 측정 항목은 총 6가지 이며, 센서의 측정 항목으로는 Temp(Temperature), EC(Electric Conductivity), VWC(Volumetric Water Content), TDS(Total Dissolved Solids), Salinity, Epsilon으로 6개이다. 단위수량 측정 방법으로는 배합 직후부터 콘크리트에 센서의 측정 단자를 삽입하고 위의 측정 항목이 센서를 통해 1초의 간격으로 10분간 측정한다. 측정된 데이터를 딥러닝을 통해 해석하여 실제 단위수량 값을 측정한다. 또한, 측정된 데이터에 밀도값을 추가하여 같은 방법으로 딥러닝을 통해 해석하고 실제 단위수량 값을 측정한 뒤, 밀도값의 유무에 따른 단위수량 해석에 관한 정확도 평가를 진행한다.

- 1) 한양대학교, 스마트시티공학과 석사과정
- 2) 한양대학교, 스마트시티공학과 박사과정
- 3) 한양대학교, 융합로봇시스템학과 석사과정
- 4) 한양대학교, ERICA 스마트융합공학부 교수
- 5) 한양대학교, ERICA 건축학부 교수, 교신저자(erclleehs@hanyang.ac.kr)

표 1. 단위수량 인자에 따른 배합표 및 측정 데이터

분류	W(Kg)	C (Kg)	S (Kg)	G (Kg)	Temp (°C)	EC (us/cm)	VWC (%)	TDS (mg/L)	Salinity (mg/L)	Epsilon (%)
OPC W 160	160	340	1051	767	20.93	2903	49.28	1451	1596	37.65
OPC W 170	170		1036	756	20.45	3406	53.74	1703	1873	44.56
OPC W 180	180		1021	745	20.47	3889	60.33	1944	2138	54.26
OPC W 190	190		1006	734	21.35	4415	69.66	2207	2428	64.34
OPC W 200	200		991	723	21.31	4645	72.88	2322	2554	66.96
OPC W 210	210		976	712	21.42	4837	76.40	2419	2660	69.41

### 3. 결과 및 분석

표 2는 고주파수분센서를 통해 측정된 데이터를 딥러닝을 통해 해석한 단위수량을 각 오차 범위에 따른 분석 정확도 이고, 표 3은 측정된 데이터에 밀도값을 추가하여 해석한 단위수량을 오차 범위에 따른 분석 정확도 이다. 각 인자에 따른 단위수량 측정에서는 ±5kg 일 때 53.36%, ±10kg 일 때 81.88%, ±15kg 일 때 98.71%의 결과값을 얻었다. 또한, 밀도값을 추가한 단위수량 측정에서는 모든 인자가 100%의 결과값을 얻었다. 그림 1은 각 인자에 따른 단위수량 해석 분포 그래프 이며, 그림 2는 측정된 데이터에 밀도값을 추가하여 단위수량을 해석한 분포 그래프 이다. 그림 1, 2와 같이 단위수량 해석 분포 그래프가 밀도값을 추가한 단위수량 해석 분포 그래프의 분포도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 다른 변수의 데이터를 수집하여 밀도값의 유무에 따른 정확도를 판단할 수 있도록 추가적으로 실험을 진행해야 된다고 사료된다.

표 2. 각 인자에 따른 단위수량 분석 정확도

분류	OPC W	OPC W	OPC W	OPC W	OPC W	OPC W	Mean
± 5kg	71.85	48.66	60.85	50.0	61.78	57.05	53.36
± 10kg	98.32	99.25	57.36	79.05	94.9	81.88	81.88
± 15kg	100	100	96.9	98.65	98.73	97.99	98.71

표 3. 각 인자에 밀도값 추가에 따른 단위수량 분석 정확도

분류	OPC W	OPC W	OPC W	OPC W	OPC W	OPC W	Mean
± 5kg	100	100	100	100	100	100	100
± 10kg	100	100	100	100	100	100	100
± 15kg	100	100	100	100	100	100	100

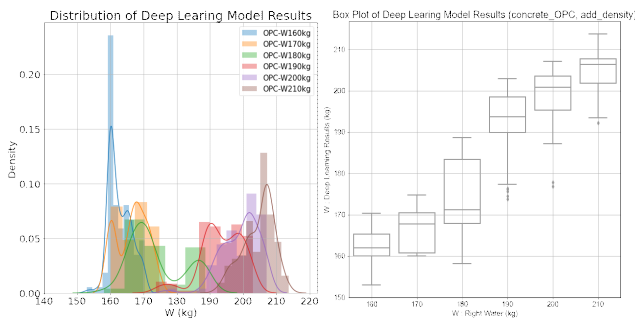


그림 1. 각 인자에 따른 단위수량 해석 분포 그래프

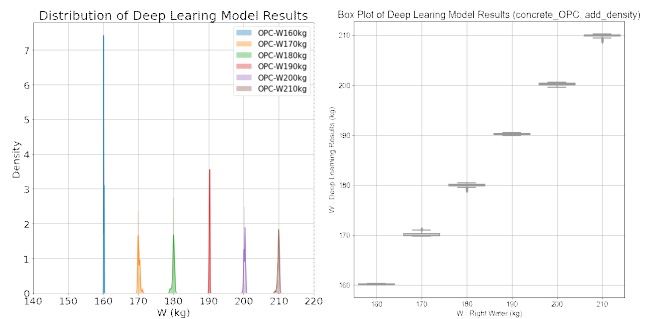


그림 2. 밀도값 추가에 따른 단위수량 해석 분포 그래프

### 4. 결론

고주파수분센서를 통해 배합상의 단위수량 인자에 따른 단위수량을 측정하였고, 측정된 데이터에 밀도값 유무에 따른 정확도 평가에 관한 실험적 연구를 실시하였다. 측정된 데이터를 딥러닝 해석을 통해 밀도값 추가에 따른 단위수량 측정 정확도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 또한, 본 연구에서는 배합상의 단위수량을 인자로 정확도를 평가하였지만, 다른 인자에 따른 추가적인 실험을 진행하여 측정된 데이터에 밀도값 유무에 따른 정확도를 평가하는 실험을 진행할 필요가 있다고 사료 된다.

### 감사의 글

이 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2018 R1A5A1025137).

### 참고 문헌

1. 김목규 외 5인. 마이크로 웨이브 센서를 활용한 콘크리트 단위수량 추정에 관한 실험적 연구. 한국콘크리트학회, 제 30권 제 2호. 2018. 545~546 p.