

# 적산온도 기반의 무선센서 네트워크(CIMS)를 이용한 현장타설 슬래브 및 벽체 콘크리트의 압축강도 추정

## Prediction of Strength Development of the Slab and Wall Concrete at Jobsite Applying Wireless Sensor Network (CIMS) based on Maturity

김 상 민\*      신 세 준\*\*      서 항 구\*\*\*      김 종\*\*\*\*      한 민 철\*\*\*\*\*      한 천 구\*\*\*\*\*  
Kim, Sang-Min      Shin, Se-Jun      Seo, Hang-Goo      Kim, Jong      Han, Min-Cheol      Han, Cheon-Goo

### Abstract

In this study, the concrete compressive strength estimation system Concrete IoT Management System (hereinafter referred to as CIMS) was developed, and CIMS was applied to domestic field structure slabs and wall concrete to check whether CIMS is practically available and to estimate the accuracy of the initial strength estimation of concrete. As a result, it shows a very high correlation when the compressive strength of the specimen for structural management is compared with the estimated strength of CIMS in terms of integrated temperature, and it is expected to be gradually applied to domestic construction sites in the future.

키 워 드 : 적산온도, 무선센서, 초기 압축강도 추정  
Keywords : maturity, wireless-sensor, early prediction of strength

### 1. 서 론

최근 전 세계적으로 여러 가지 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술이 발전함에 따라 건설산업에서도 Internet of Things(이하 IoT) 기술이 발달하면서 무선센싱 기술의 활용 사례가 증가하고 있다. 특히, 콘크리트의 온도를 적산온도로 환산하여 콘크리트 초기 강도발현을 예측할 수 있는 센서 네트워크 시스템이 개발되어 활발히 연구를 진행하고 있을 뿐만 아니라 일부 상용화 되고 있다.

한편, 콘크리트 강도예측을 위한 시스템은 데이터의 안정적인 송수신과 추정의 정확성 및 간편성이 중요한데, 현재 국내에서는 아직 이러한 시스템이 개발된바 없는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 적산온도 기반의 콘크리트 압축강도 추정 시스템 Concrete IoT Management System(이하 CIMS)을 개발함과 동시에 CIMS를 국내현장 구조체 슬래브와 벽체 콘크리트에 적용하여 CIMS의 실무사용 가능성 여부 확인 및 구조체 콘크리트의 초기강도 추정의 정밀도를 확인하고자 한다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합 사항	레미콘 규격	1	25-21-150
	양생온도		외기온
	양생방법		버블시트 포설
측정 사항	CIMS 측정위치 <sup>1)</sup>	2	슬래브 벽체
	CIMS 측정 항목 <sup>2)</sup>	2	온도 (재령 0~7일) 압축강도 (재령 0~7일)
	굳지 않은 콘크리트	2	슬럼프 공기량
	구조체 관리용 콘크리트	1	압축강도 (재령 1, 2, 3, 7, 28일)

1) 적용현장: 서울시 강동구 W사 건설현장  
2) ASTM C 1074 - 98 적용

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정, 교신저자(sangminjake@hanmail.net)  
\*\* 청주대학교 건축공학과 석사과정  
\*\*\* 청주대학교 건축공학과 박사과정  
\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 조교수, 공학박사  
\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사  
\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 명예석좌교수, 공학박사

## 2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. CIMS에 적용한 압축강도 추정식은 Plowman 식(로그함수 계열)을 적용하였으며, 해당 식의 실험상수는 ASTM C 1074에 기반한 강도추정 방법에 근거하여 값을 선정하였다. 측정 위치는 W건설사 아파트 신축공사 현장의 슬래브 및 벽체부분으로 재령 7일까지의 온도이력을 적산온도로 환산하여 압축강도를 추정하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

그림 1은 경과시간에 따른 버블시트를 포설한 콘크리트 슬래브와 벽체 및 외기온의 온도이력을 나타낸 것이다. 슬래브 콘크리트에서는 12시간 동안 콘크리트의 수화열과 가열보온양생으로 인해 온도가 급상승한 것으로 판단되며, 12시간부터 48시간까지는 낮은 외기온에 의해 온도가 급격히 하락하는 경향으로 분석된다. 벽체 콘크리트에서는 14시간 동안 온도가 급상승하였다가 14시간부터 80시간까지는 급격히 하락하는 경향으로 나타났다.

그림 2는 경과재령에 따른 슬래브 및 벽체 콘크리트의 온도를 CIMS로 측정하여 적산온도로 나타낸 것이다. 1일까지는 슬래브 콘크리트가 벽체 콘크리트 보다 높은 경향을 나타냈으나, 2일부터 7일까지는 벽체 콘크리트가 슬래브 콘크리트보다 높은 경향으로 나타났다. 이는 벽체 콘크리트가 슬래브 콘크리트보다 외기의 영향을 비교적 덜 받는 조건임으로 판단된다.

그림 3은 선행연구를 통해 CIMS의 강도추정식을 결정하기 위한 실험상수를 ASTM C 1074에 근거하여 재령 28일까지 측정된 것이다. 실험실 조건에서 5℃, 20℃, 35℃로 양생한 모르타르 공시체의 압축강도를 적산온도로 환산하여 나타냈으며, Plowman 식에 적용될 실험상수는  $a=-24.02$ ,  $b=20.01$ 으로 산출되었고, 회귀모델의 결정계수는 0.94668의 높은 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

그림 4는 CIMS 추정식에 의한 적산온도와 구조체 관리용 공시체의 압축강도를 적산온도로 환산하여 재령 28일까지 비교하여 나타낸 것이다. 전반적으로 CIMS 추정강도와 구조체 관리용 공시체의 압축강도의 상관관계가 매우 양호한 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 적산온도 기반의 콘크리트 압축강도 추정 시스템을 개발함과 동시에 CIMS를 국내현장 구조체 슬래브와 벽체 콘크리트에 적용하여 CIMS의 실무사용 가능성 여부 확인 및 구조체 콘크리트의 초기강도 추정의 정밀도를 확인하고자 하였다.

그 결과, 구조체 관리용 공시체의 압축강도와 CIMS 추정강도를 적산온도로 환산하여 비교했을 때 매우 높은 상관성을 나타내었다.

### 참 고 문 헌

1. 한민철, 적산온도에 의한 콘크리트 강도 증진 예측 기술, 한국콘크리트학회, 한국콘크리트학회지, 제29권 제5호, pp.45~51, 2017.9

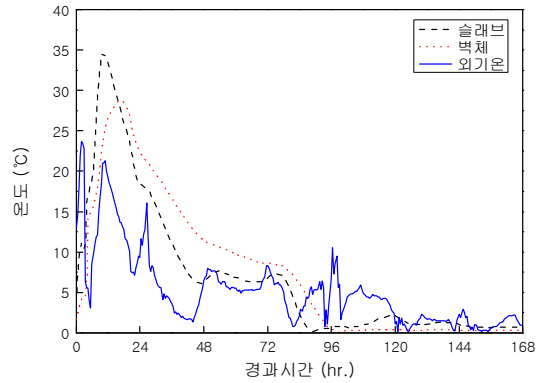


그림 1. 경과시간에 따른 콘크리트의 온도이력

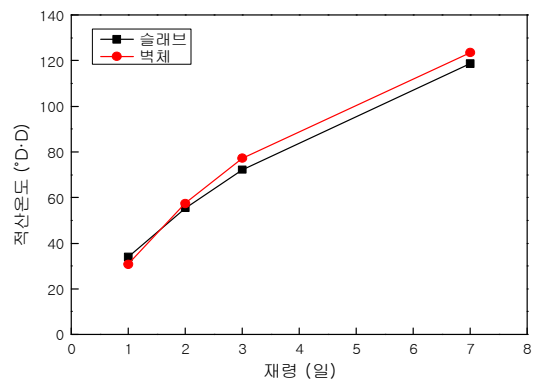


그림 2. 경과재령에 따른 슬래브 콘크리트의 적산온도

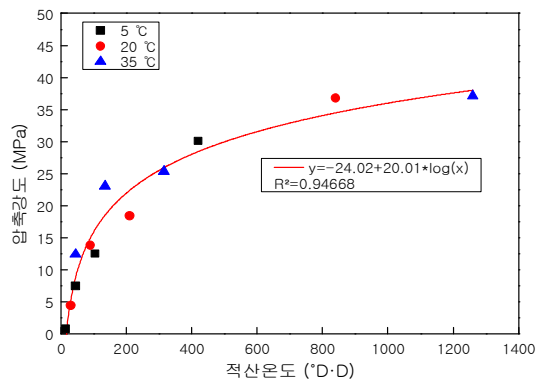


그림 3. 적산온도와 압축강도의 관계

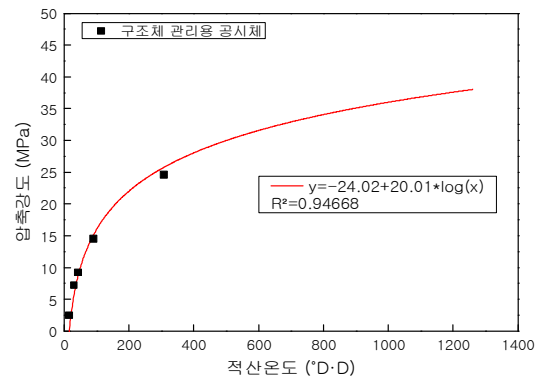


그림 4. 구조체 관리용 공시체의 적산온도와 CIMS 추정 압축강도의 상관관계