

# 적산온도 기반 무선센서 네트워크(CIMS)를 이용한 현장타설 콘크리트의 압축강도 추정

## Prediction of Strength Development of the 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, by applying the concrete compressive strength estimation system Concrete IoT Management System (hereinafter referred to as CIMS) to the concrete slab concrete in the domestic field, the purpose of this study is to confirm the practical use of CIMS and to verify the accuracy of estimating the initial strength of concrete. As a result, it shows a high correlation when the compressive strength and CIMS estimated strength of the specimen for structural management are converted and compared with the integrated temperature. However, in order to determine a more accurate experimental constant, it is necessary to consider the results up to 28 days.

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

### 1. 서 론

최근 각종 사물에 센서와 통신 기능을 내장하여 인터넷에 연결하는 기술 즉, 무선 통신을 활용한 사물인터넷(IoT) 기술이 발전함에 따라 건설 산업에서도 IoT 기술이 급속히 보급되고 있다. 이와 관련하여 최근 적산온도를 기반으로 콘크리트의 강도추정이 가능한 센서 네트워크 시스템이 개발되어 일부 상용화 되고 있다.

그런데, 콘크리트 초기 강도예측 센서 네트워크 시스템은 데이터의 안정적인 송수신과 추정의 정확도가 매우 중요한데, 국내에서는 아직 추정 정확도와 안정적 송수신이 가능한 시스템이 미흡한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 기개발된 콘크리트 압축강도 추정 시스템 Concrete IoT Management System(이하 CIMS)을 활용하여 CIMS를 동절기 구조체 슬래브 콘크리트에 적용함으로써 CIMS의 실무사용 가능성 여부 확인 및 구조체 콘크리트의 강도추정 정확도를 고찰하고자 한다.

표 1. 실험계획

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

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(로그함수 계열)식을 적용하였으며, 해당 식의 실험상수는 ASTM C 1074에 기반한 강도추정 방법에 근거하여 값을 선정하였다. 측정 위치는 W건설사 아파트 신축공사 현장의 슬래브부분으로 동절기에 타설후 재령 7일 까지의 온도이력을 적산온도로 환산하여 압축강도를 추정하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

그림 1은 콘크리트 타설 후 경과시간에 따른 버블시트를 미포설한 콘크리트 슬래브와 버블시트를 포설한 콘크리트 슬래브 및 외기온의 온도이력을 나타낸 것이다. 버블시트를 포설한 슬래브 콘크리트에서는 24시간 동안 콘크리트의 수화열과 가열보온양생으로 인해 온도가 급상승한 것으로 판단되며, 24시간부터 48시간까지는 낮은 외기온에 의해 온도가 급격히 하락하는 경향으로 분석된다. 버블시트를 미포설한 슬래브 콘크리트에서는 24시간 동안 온도가 급상승하였다가 48시간까지 급격히 하락하는 경향으로 나타났다.

그림 2는 재령경과에 따른 슬래브 콘크리트의 온도를 CIMS로 측정하여 적산온도로 나타낸 것이다. 재령 1일부터 7일까지 모두 버블시트를 포설한 슬래브 콘크리트가 미포설한 슬래브 콘크리트 보다 높은 경향을 나타냈다. 이는 2중 버블시트의 효과로 인해 버블시트를 포설한 슬래브 콘크리트가 미포설한 콘크리트 보다 콘크리트의 수화열을 보다 잘 보존할 수 있는 조건에 기인한 것으로 판단된다.

그림 3은 CIMS의 강도추정식에 적용될 실험상수를 산정하기 위해 실험실 조건에서 양생온도 5, 20, 35℃로 양생한 공시체의 압축강도를 재령 7일까지 측정된 후에 적산온도로 환산하여 나타낸 것이다. Plowman 식에 적용될 실험상수는  $a=-20.91$ ,  $b=18.16$ 으로 산출되었으며, 회귀모델의 결정계수는 0.8648의 양호한 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

그림 4는 CIMS 추정식에 의한 압축강도와 구조체 관리용 공시체의 압축강도를 재령 7일까지 비교하여 나타낸 것이다. 전반적으로 CIMS 추정강도와 구조체 관리용 공시체의 압축강도의 상관관계가 양호한 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 CIMS의 실무 사용 가능성을 검토하기 위해 건설현장에 적용하여 CIMS 추정 압축강도의 정밀도를 검토하였다.

그 결과, 구조체 관리용 공시체의 압축강도와 CIMS 추정강도를 비교했을 때 높은 상관성을 나타내는 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

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

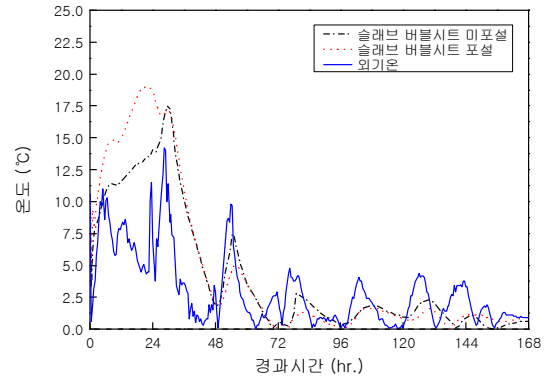


그림 1. 경과시간에 따른 콘크리트의 온도이력

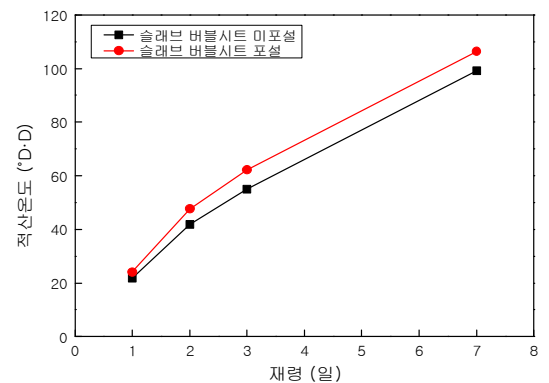


그림 2. 경과재령에 따른 슬래브 콘크리트의 적산온도

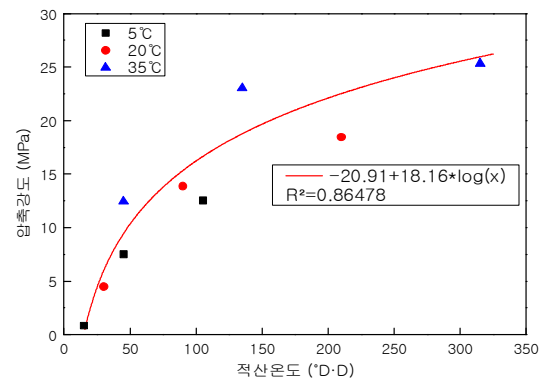


그림 3. 적산온도와 압축강도의 관계

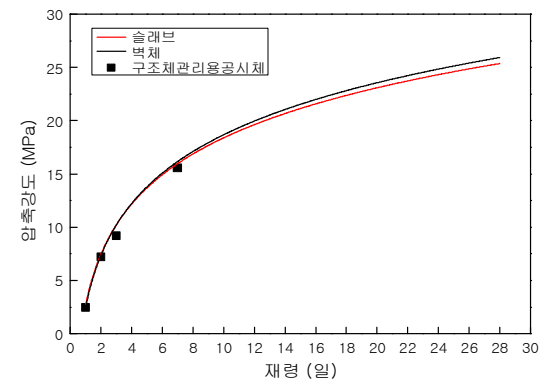


그림 4. 구조체 관리용 공시체의 압축강도와 CIMS 추정 압축강도의 상관관계