

시 기반 콘크리트 마감 자동화 시스템용 응결추정계의 물시멘트비에 따른 응결추정 평가

Estimation of Setting Time Applying Setting Estimator for AI Finishing Robot System Depending on Water-Cement Ratio

박재웅^{1*} · 정준택² · 임군수³ · 한준희³ · 김종⁴ · 한민철⁵

Park, Jae-Woong^{1*} · Jeong, Jun-Taek² · Lim, Gun-Su³ · Han, Jun-Hui³ · Kim, Jong⁴ · Han, Min-Cheol⁵

Abstract : This study aims to compare the hardness value development characteristics according to the water-cement ratio during a series of experiments to develop a setting estimator for an AI-based concrete finishing automation system. For the test variables, water-cement ratios are varied with 30, 40 and 50%. Proctor penetration test and surface hardness test by setting time estimator are conducted to estimate the setting time. For the effect of water-cement ratios, they did not affect the surface hardness either, while initial set time and final set time are not constant with water-cement ratios.

키워드 : 응결시간, 응결추정계, 물시멘트비

Keywords : setting time, setting estimator, water-cement ratio

1. 서론

콘크리트 표면마감 작업은 수밀성 및 내구성 향상, 소성수축 균열방지, 콘크리트 표면의 평활화의 목적으로 필수적으로 실시되는 공정이다. 표면마감 작업은 응결시간과 관련이 있는데, 이는 작업자의 숙련도에 따라 완성도의 차이가 생길 수 있다. 초결 이전에 표면마감작업을 진행한다면 타설된 콘크리트는 표면마감작업 장비의 무게를 견디지 못하거나 작업시 콘크리트의 페이스트가 떨어져 나가 표면이 고르지 못하게 된다. 또한, 마감 후 침하균열 및 기포가 발생할 수 있다.

한편, 종결 이후에 작업을 진행하게 되면 일정부분이 굳어 있어 표면마감 작업이 원활하지 않아 일부 현장에서 가수 후 작업을 실시하는데, 이때 콘크리트 표면의 물시멘트비가 증가함에 따라 콘크리트의 표면강도가 저하하는 문제도 발생할 수 있다. 따라서, 표면마감 작업을 실시하는 시점은 현장에서 중요시 되지만 기존 측정 장비로는 현장에서의 적용이 어려워 정량적으로 관리되지 못하고 작업자의 경험과 감에 의존되고 있는 실정이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 인공지능과 사물인터넷을 접목하여 스스로 표면마감 작업 시기를 결정하고 균일한 수평도를 유지할 수 있는 로봇의 자동화 시스템이 필요하다.

따라서 본 연구는 AI미장로봇 시스템용 응결추정계의 영향인자 연구의 일환으로, 콘크리트 표면마감 작업 개시 및 종료 시기 결정과 운용시간 등을 산정하기 위해 물시멘트비 변수에서 응결시간을 표준적인 Proctor 관입저항치와 응결추정계의 경도치를 측정된 후 상호비교함으로써, 응결추정계의 사용가능성을 분석하고자 한다.

표 1. 실험계획

구분	실험요인	실험수준	
배합 사항	W/C(%)	3	• 30, 40, 50
	목표 슬럼프(mm)	1	• 180±25
	목표 공기량(%)		• 4.5±1.5
실험 사항	응결시간	2	• Proctor 관입저항시험기 • 응결추정계

2. 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 실험사항의 경우 KS표준에 의거하여 측정하였다. 또한, 콘크리트 응결시간과 관련하여 관입저항치를 측정할 때 그림 1의 응결추정계를 동일 시료 및 용기에 표면경도를 측정하였고, 측정시 오차를 최소화 하기 위하여 5회 측정 후 평균 경도치를 사용하였다.

1) 청주대학교, 석사과정(jaewoong918@naver.com)

2) 청주대학교, 석사과정

3) 청주대학교, 박사과정

4) 청주대학교, 조교수, 공학박사

5) 청주대학교, 교수, 공학박사

3. 결과 및 분석

그림 2는 물시멘트비별 시간경과에 따른 AI미장로봇용 응결추정계의 측정 정도치를 나타낸 것이다. W/C 40%, 50%, 30% 순으로 AI 미장로봇용 응결추정계의 측정 정도치가 높게 나타났으나, 이는 큰 차이가 아니기에 초결 및 종결 판정시 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 또한, 물시멘트비가 증가함에 따라 초결 약 28%, 종결 약 13% 지연되는 것을 확인할 수 있었는데 이는 물시멘트비가 증가함에 따라 수화반응이 느려져 응결시간이 지연된 것으로 판단된다.

표 2는 물시멘트비 별 초결 및 종결시 응결추정계의 정도치를 나타낸 표이고, 그림 3은 물시멘트비별 관입저항치와 경도의 상관성을 분석하여 회귀식을 도출하여 그래프로 나타낸 것이다. 초결은 평균 41.6 HD 전후의 정도치, 종결은 평균 80.6 HD 전후의 정도치를 측정하였고 이때, 결정계수(R^2)는 0.909로 매우 높은 상관성을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 물시멘트비에 따라 응결시간을 표준적인 프록터 관입저항치와 응결추정계의 정도치를 측정 후 상호비교함으로써, 응결추정계의 사용 가능성을 분석하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구조건에서 응결시간은 물시멘트비가 증가함에 따라 지연되었다.
- 2) 물시멘트비별 초결 및 종결시 응결추정계의 측정 정도치는 약간의 차이는 있었으나 그 차이는 미미한 것으로 확인된다.
- 3) Proctor 관입저항시험기 측정치와 응결추정계의 측정정도치는 높은 상관관계를 나타내었다.

이상을 종합하여 볼 때 응결추정계를 사용하여 콘크리트의 응결시간을 측정하게 된다면 기존 방법에 비해 간편하게 휴대 및 측정이 가능하고, 추정치의 정확도 또한 향상되는 기대효과를 확인하였다

감사의 글

본 논문은 2023년 산업통상자원부 산업기술혁신산업(과제번호: 202300031)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 한민철, 신용섭, 한인덕. Durometer를 이용한 고유동 콘크리트의 응결시간 판정 방법. 대한건축학회논문집 : 구조계. 2019. 제35권 9호. p. 143-150.
2. 한민철, 한인덕, 신용섭. 고무경도계를 이용한 콘크리트의 응결시간 추정 가능성 분석. 한국건설순환자원학회 논문집. 2019. 제7권 4호. p. 358-366.
3. 한수환, 김중, 한민철, 한천구. 응결시간 추정기에 의한 콘크리트 표면마감시간 관리의 가능성 분석. 대한건축학회논문집. 2022. 제38권 3호. p. 241-247.

표 2. 물시멘트비 별 초결 및 종결시 정도치

구분 \ W/C(%)	30	40	50
초결	40.0	43.0	42.0
종결	77.4	83.7	80.7



Measure-ment unit	HD
Range	0-100
Power	4 hours
WiFi	0
USB	0
Bluetooth	0

그림 1. AI미장로봇용 응결추정계

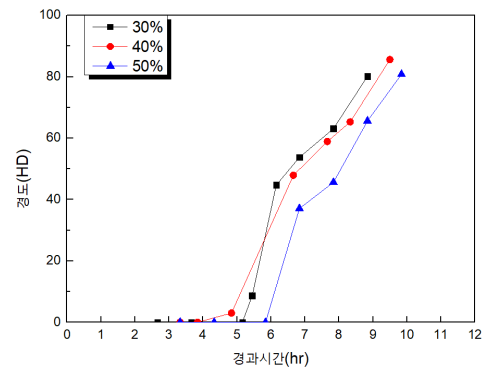


그림 2. 시간경과에 따른 응결추정계 측정경도

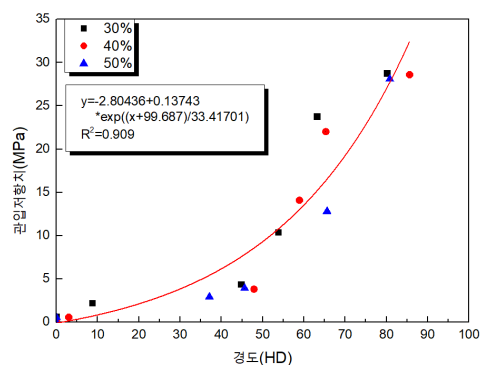


그림 3. 응결추정계 경도와 관입저항치의 상관관계 분석