

열화상카메라 기반 콘크리트 온도 측정을 위한 이미지 프로세싱 적용 기초 연구

Preliminary Study on Image Processing Method for Concrete Temperature Monitoring using Thermal Imaging Camera

문 성 환*
Mun, Seong-Hwan

김 태 훈**
Kim, Tae-Hoon

조 규 만***
Cho, Kyu-Man

Abstract

Accurate estimation of concrete strength development at early ages is a critical factor to secure structural stability as well as to speed up the construction process. The temperature generated from the heat of hydration is considered as a key parameter in predicting the early age strength. Conventionally, concrete temperature has been measured by temperature sensors installed inside concrete. However, considering the measurement on building structures with multiple floors, this method requires reinstallation and repositioning of hardware such as sensors, data loggers and routers for data transfer. This makes the temperature monitoring work cumbersome and inefficient. Concrete temperature monitoring by using thermal remote sensing can be an effective alternative to supplement those shortcomings. In this study, image processing was carried out through K-means clustering technique, which is an unsupervised learning method, and the classification results were analyzed accordingly. In the future, research will be conducted on how to automatically recognize concrete among various objects by using deep learning techniques.

키 워 드 : 콘크리트 온도 모니터링, 열화상카메라, 이미지 프로세싱, K-means 클러스터링

Keywords : concrete temperature monitoring, thermal imaging camera, image processing, K-means clustering

1. 서 론

콘크리트 품질관리에 있어 콘크리트의 초기 강도발현에 대한 정확한 추정은 구조적 안전성 확보와 공사속도 관점에서 매우 중요한 요소로 작용한다. 이에 콘크리트 강도발현과 가장 밀접한 관계를 갖는 콘크리트 온도를 측정하기 위해 콘크리트내부에 온도 센서를 매입하는 방식을 주로 사용하여왔다. 그러나 건축물의 구조체와 같이 수직적으로 반복적인 온도 측정이 요구될 경우, 이러한 방식은 센서의 지속적인 설치뿐 아니라 데이터 전송을 위한 중계기 등의 위치 재조정과 같은 번거롭고 추가적인 작업을 야기한다.¹⁾ 열화상카메라와 이미지프로세싱을 이용한 콘크리트 온도 측정 방식은 기존의 단점을 보완해줄 수 있을 것으로 판단되며, 이에 본 연구에서는 열화상카메라로 촬영된 이미지를 K-means 클러스터링 기법을 통해 이미지프로세싱을 수행하고 분류결과를 분석하였다.

2. K-means clustering 기법을 통한 이미지 분류

본 연구의 목적을 위하여 실제 건설현장에서 적절한 위치를 지정하여 콘크리트 타설부터 열화상카메라를 이용하여 일반 이미지와 열화상 이미지를 촬영하였다. 촬영된 데이터를 프로세싱 서버로 발송 후 촬영이미지에서 콘크리트 좌표를 자동으로 인지시켜 콘크리트 부분 중 대표 위치를 설정한 후 각 위치의 온도정보를 획득하였다. 이후 온도정보에 근거하여 비지도 학습 방법인 K-means 클러스터링 기법을 통해 $k=2$ 값과 $k=3$ 값에 대한 이미지 프로세싱을 진행하여 이미지를 분류하고 분석하였다. 총 30개의 케이스가 분류 되었으며, 콘크리트 부분을 인지하여 주요 포인트를 자체적으로 설정하여 콘크리트를 제외한 나머지(작업자, 상부에 상치된 물품 등)를 서로 분별하려하였으나 분별이 잘된 사례도 있었지만 현장의 여러 가지 요인 때문에 분별이 원활이 이루어지지 않은 케이스가 더욱 많이 존재했으며, 해당 결과를 토대로 영향요인이 유사한 케이스들끼리 분류하여 표 1에 정리하였다.

* 조선대학교 건축공학과 석사과정

** 조선대학교 건축공학과 조교수, 교신저자(thoonkim@chosun.ac.kr)

*** 조선대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

콘크리트 영역 구분에 영향을 준 요인들의 사례 유형은 크게 3가지로 나누어 볼 수 있었으며, 그 내용은 다음과 같다. 단순히 콘크리트부분과 그 밖의 사물간의 구분이 된 사례(A), 다른 요인에 의해서 콘크리트 부분 자체에서 영역이 분할된 사례(B), 비닐 덮개에 생긴 음영으로 인하여 비닐 덮개 내에서 영역이 분할되어 콘크리트와 동일한 영역으로 구분된 사례(C)로 분류하였다. 사례 A에서 가장 많은 유형의 사례가 해당되는 부재 및 사물 등이 콘크리트와 구분이 잘된 사례는 k=3 값일 때가 k=2 값일 때보다 비교적 더 많은 사례가 나타났다. k=2에서 콘크리트와 부재들이 구분이 잘 된 경우 k=3에서도 마찬가지로 구분이 잘되었다. k=3에서 콘크리트와 부재들이 구분이 잘 된 경우, k=2값일 때 부재로 인해 생긴 그림자나 벽 거푸집이나 다른 건축물에 의해 생긴 그림자 영역 등이 철근 부재등과 같은 영역으로 분할된 사례가 많았으며, k=3 값일 때는 이와 같은 현상이 그림자부분이 다른 영역으로 분할되어 개선된 것을 볼 수 있었다. 사례 B에서 가장 많은 유형의 사례가 해당되는 사례는 부재의 그림자에 의해서 같은 콘크리트 부분임에도 불구하고 영역이 나누어지는 사례가 나타났다. k=2값일 때 그러한 사례가 많이 나타났으며 이와 같은 경우에서 그림자 영역이 부재와 같은 영역으로 구분되는 경우가 많았다. k=3값에서 그림자와 부재가 다른 영역으로 구분되어져도 다른 요인으로 콘크리트영역이 분할되거나 단순히 그림자의 영역이 줄어들고 완전히 분별하지는 못하는 사례가 많았다. 사례 C는 다른 사례와는 달리 비닐덮개가 콘크리트 밀착여부와 상관없이 비닐덮개 내에서 생긴 명암차이에 의해 비닐덮개의 영역 일부가 콘크리트와 같은 영역으로 구분되는 사례이다.

위의 사례를 보았을 때 k값이 2일 때, 전체적으로 정확도가 비교적 떨어지는 양상을 보였지만 콘크리트 양생을 위해 콘크리트 상부에 존재하는 비닐덮개 구분에 있어서는 비닐에 발생한 음영까지 구별하는 k=3일 때보다 비교적 정확도가 높은 사례가 많았다. k=3값일 때가 콘크리트와 다른 사물과 구분을 비교적 잘하는 양상을 보였지만, 콘크리트 내에서 그림자, 빛 반사, 미장 등 다른 요인에 의해 음영이 생길 경우 콘크리트 영역 내 분할이 발생하는 취약한 점을 알 수 있었다.

표 1. k-means 클러스터링 결과 케이스별 정리

유형	k=2		k=3		
	Case	N	Case	N	
A	부재 및 사물 - 콘크리트 다르게 구분	12,13,14,15,17,18,22,23	8	1,2,3,6,7,9,11,12,13,14,15,17,18,19,22,23,26,27,28,29,30	21
	밀착된 비닐 덮개 - 콘크리트 동일하게 구분	5,18,19,20,22,23,24	7	-	0
	밀착되지 않은 비닐 덮개 - 콘크리트 다르게 구분	4,6	2	18,20,22,24	4
	목재의 윗면 - 콘크리트 다르게 구분	11	1	11	1
	인부 보호 장비 - 콘크리트 다르게 구분	3	1	-	0
B	부재 그림자로 인한 콘크리트 내 영역 분할	2,3,5,9,18,20,22,24,25,29	10	3,5,18,20,24,25,29	7
	벽 거푸집, 타 건물에 의한 콘크리트 내 영역 분할	21,26,27,29,30	5	19,21,26,27,29,30	6
	빛반사에 의한 콘크리트 내 영역 분할	1,7	1	1,5,9,14,15,18	6
	미장에 의한 콘크리트 내 영역 분할	16	1	13,16,17	3
	물자국에 의한 콘크리트 내 영역 분할	8	1	8,10	2
	페인트 글씨로 인한 콘크리트 내 영역 분할	10,29	2	29	1
	레이턴스에 의한 콘크리트 내 영역 분할	28	1	28	1
	음영으로 인한 비닐 덮개 자체 영역 분할	-	0	4,6,7,14,15,25	6

3. 결 론

본 연구에서는 기존의 온도센서 매립 방식이 아닌 열화상카메라로 현장에서 촬영한 온도 이미지를 활용하기 위해 K-means 클러스터링 기법을 통한 이미지 프로세싱을 수행하였다. 이후 결과를 토대로 사례별로 분류 분석을 진행하였지만, 콘크리트와 그 외의 영역을 인지시키기 위한 이미지 프로세싱 과정에서 현장의 다양한 요인에 의해 오차가 발생하는 것을 확인하였다. 또한 이미지 프로세싱의 학습방법 연구와 분석 방법의 확대를 통해 보다 정확하고 분별 있는 정보를 획득하기 위한 추가적 연구도 필요할 것으로 보인다.

Acknowledgement

본 연구는 2020년 정부의 재원으로 한국연구재단(NRF-2019R1A4A1028116)의 지원을 받아 수행된 연구결과의 일부입니다.

참 고 문 헌

1. 이웅균 외, 무선센서네트워크 기술의 초고층 건축공사 적용 방안, 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2012