(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0054069
(43) 공개일자 2022년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 25/48 (2006.01) *G01J 5/00* (2022.01)
G01J 5/48 (2006.01) *G01N 33/38* (2020.01)
(52) CPC특허분류
G01N 25/482 (2013.01)
G01J 5/48 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2020-0138544
(22) 출원일자 2020년10월23일
심사청구일자 2020년10월23일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
김형기
광주광역시 서구 풍암순환로 114 대주3차아파트 306동 105호
김태훈
광주광역시 남구 회재로 1293번길 7, 107동 502호
조규만
광주광역시 남구 회재로 1293번길 7, 104동 1301호
(74) 대리인
이버드특허법인

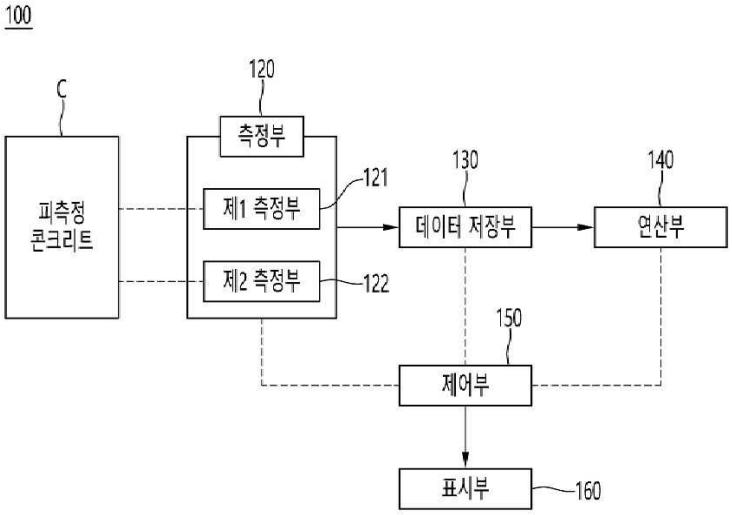
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법**

(57) 요 약

콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법이 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템은 피측정 콘크리트의 시각적 이미지와 열화상 이미지를 측정하는 측정부와, 상기 측정부로부터 측정된 시각적 이미지와 열화상 이미지가 저장되는 데이터 저장부와, 상기 데이터 저장부에 저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 통해 성숙도 값을 산출하며, 산출된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트의 강도 값을 산출하는 연산부 및 상기 측정부와, 상기 데이터 저장부와, 상기 연산부의 동작을 감지 및 제어하는 제어부;를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01J 5/60 (2022.01)
G01N 33/383 (2013.01)
G01J 2005/0077 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711098851
과제번호 2019R1A4A1028116
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 기초연구실지원사업
연구과제명 미래 수요변화 대응을 위한 맞춤형 건축기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 조선대학교 산학협력단
연구기간 2019.09.01 ~ 2020.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711113695
과제번호 2020R1A2C4002107
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 신진중견연계
연구과제명 시멘트계 구조물의 사용연한 연장을 위한 부산물 활용 자기치유 기술
기 여 율 1/2
과제수행기관명 조선대학교 산학협력단
연구기간 2020.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

피측정 콘크리트의 시각적 이미지와 열화상 이미지를 측정하는 측정부;

상기 측정부로부터 측정된 시각적 이미지와 열화상 이미지가 저장되는 데이터 저장부;

상기 데이터 저장부에 저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 통해 성숙도 값을 산출하며, 산출된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트의 강도 값을 산출하는 연산부; 및

상기 측정부와, 상기 데이터 저장부와, 상기 연산부의 동작을 감지 및 제어하는 제어부;를 포함하며,

상기 측정부는

상기 피측정 콘크리트의 시각적 이미지를 촬영하는 제1 측정부와, 상기 피측정 콘크리트의 열화상 이미지를 촬영하는 제2 측정부로 구비되는 콘크리트 강도 측정시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부에 의해 제어되며, 상기 연산부로부터 산출된 피측정 콘크리트의 강도 값을 출력하는 표시부;를 더 포함하는 콘크리트 강도 측정시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 연산부는

상기 데이터 저장부에 저장된 시각적 이미지를 분석하여 피측정 콘크리트에 해당되는 부분과 피측정 콘크리트에 해당되지 않는 부분으로 구분하는 콘크리트 강도 측정 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 연산부는

시각적 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 부분과 대응되도록 상기 데이터 저장부에 저장된 열화상 이미지를 처리하여 피측정 콘크리트에 해당되는 부분과 피측정 콘크리트에 해당되지 않는 부분으로 구분하며, 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 부분의 성숙도 값을 산출하는 콘크리트 강도 측정시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 연산부는

상기 제1 측정부를 통해 측정된 시각적 이미지와, 상기 제2 측정부를 통해 측정된 열화상 이미지를 동일한 가상의 선으로 복수의 영역으로 구획하여 인지하는 콘크리트 강도 측정시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 연산부는

구획된 시각적 이미지의 복수의 영역을 피측정 콘크리트에 해당되는 영역과 피측정 콘크리트에 해당되지 않는

영역으로 구분하며,

시각적 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 영역과 대응되도록 구획된 열화상 이미지의 복수의 영역을 피측정 콘크리트에 해당되는 영역과 피측정 콘크리트에 해당되지 않는 영역으로 구분하고,

열화상 이미지의 복수의 영역 중 피측정 콘크리트에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값을 산출하는 콘크리트 강도 측정시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 연산부는

피측정 콘크리트에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값에 대한 각각의 콘크리트 강도 값을 산출하는 콘크리트 강도 측정시스템.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 연산부는

피측정 콘크리트에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값을 산출하는 경우,

피측정 콘크리트의 열 측정을 방해하는 노이즈가 측정된 부분의 열화상 이미지 정보는 제외하고 성숙도 값을 산출하는 콘크리트 강도 측정시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 연산부는

시각적 이미지의 복수의 영역 중 피측정 콘크리트에 해당되는 각각의 영역에 그림자가 드리우거나 또는 비닐막이 설치되는 경우,

피측정 콘크리트의 열 측정을 방해하는 노이즈가 아닌 것으로 인지하는 콘크리트 강도 측정시스템.

청구항 10

제2항에 있어서,

상기 제어부는

상기 측정부, 상기 데이터 저장부 및 상기 연산부 중 적어도 어느 하나가 오작동되거나 또는 미작동되는 것으로 감지한 경우, 상기 표시부를 통해 오작동 또는 미작동 정보를 출력하도록 제어하는 콘크리트 강도 측정 시스템.

청구항 11

피측정 콘크리트의 시각적 이미지와 열화상 이미지를 측정하는 단계;

측정된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 저장하는 단계;

저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 통해 성숙도 값을 산출하는 단계;

산출된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트의 강도 값을 산출하는 단계; 및

산출된 피측정 콘크리트의 강도 값을 표시하는 단계;를 포함하는 콘크리트 강도 측정방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 성숙도 값을 산출하는 단계는

시각적 이미지를 통해 피측정 콘크리트인 부분과 피측정 콘크리트가 아닌 부분으로 구분하는 단계;

시각적 이미지를 통해 구분된 피측정 콘크리트에 해당되는 부분에 대한 시각적 이미지와 열화상 이미지를 가상의 선으로 구획하는 단계;

구획된 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 부분에 대한 온도를 분석하는 단계;

피측정 콘크리트에 대한 온도 분석시 노이즈가 포함된 열화상 이미지를 제거하는 단계; 및

노이즈가 제거된 열화상 이미지의 분석된 온도 정보를 통해 성숙도 값을 산출하는 단계;를 포함하는 콘크리트 강도 측정방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 타설된 콘크리트의 양생 기간동안 발현되는 피측정 콘크리트의 강도 값을 산출할 수 있는 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 콘크리트는 건물의 기본적인 구조체나, 도로 등을 구성하는 중요한 자재이다. 콘크리트는 타설이 된 후 양생 기간동안 콘크리트의 강도 값(Mpa)이 발현되게 된다.

[0003] 타설된 콘크리트는 양생 기간을 거쳐 요구 강도 값에 도달하는 경우, 거푸집을 탈형하거나 또는 도로를 개방할 수 있으므로 콘크리트의 강도 값을 측정하는 것은 공사기간 또는 도로개방시점과 관련하여 아주 중요한 부분에 해당된다.

[0004] 종래에는 현장에 반입되어 타설된 콘크리트가 표준 양생 조건에서 양생시켜 측정한 콘크리트 압축 강도 측정 결과를 이용하여, 일정 양생 기간이 지난 경우 콘크리트가 요구 강도 값에 도달하는 것으로 추정하는 것들이 대부분이었다.

[0005] 이러한 문제를 해결하기 위해 타설된 콘크리트에 유선형 열측정센서를 매설하거나 또는 무선 통신형 열측정센서를 매설하는 방식으로 콘크리트의 온도 값을 추출하고, 이러한 온도 값을 통해 타설된 콘크리트의 양생기간동안 발현되는 강도를 측정하기 위한 방식들이 제안되었다.

[0006] 그러나 유선형 열측정센서를 콘크리트에 매설하는 경우, 건설현장에서 유선연결을 위한 작업이 필요하였고 이는 작업자들의 이동 경로를 방해하거나 또는 유선연결이 쉽게 해제되는 문제점이 있었다. 아울러, 무선형 열측정센서를 콘크리트에 매설하는 경우, 무선형 열측정센서의 비용으로 인해 공사 비용이 증대되고 무선형 열측정센서는 콘크리트에 매립되기 때문에 재사용이 불가능해 경제적이지 않은 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1346560호(2013.12.24 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 타설된 콘크리트의 양생 기간동안 발현되는 피측정 콘크리트의 강도 값을 산출할 수 있는 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법을 제공하고자 함이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 의하면, 피측정 콘크리트의 시각적 이미지와 열화상 이미지를 측정하는 측정부; 상기 측정부로부터 측정된 시각적 이미지와 열화상 이미지가 저장되는 데이터 저장부; 상기 데이터 저장부에 저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 통해 성숙도 값을 산출하며, 산출된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트의 강도 값을 산출하는 연산부; 및 상기 측정부와, 상기 데이터 저장부와, 상기 연산부의 동작을 감지 및 제어하는 제어부;를 포함하며, 상기 측정부는 상기 피측정 콘크리트의 시각적 이미지를 촬영하는 제1 측정부와, 상기 피측정 콘크리트의 열화상 이미지를 촬영하는 제2 측정부로 구비될 수 있다.

[0010] 상기 제어부에 의해 제어되며, 상기 연산부로부터 산출된 피측정 콘크리트의 강도 값을 출력하는 표시부;를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 연산부는 상기 데이터 저장부에 저장된 시각적 이미지를 분석하여 피측정 콘크리트에 해당되는 부분과 피측정 콘크리트에 해당되지 않는 부분으로 구분할 수 있다.

[0012] 상기 연산부는 시각적 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 부분과 대응되도록 상기 데이터 저장부에 저장된 열화상 이미지를 처리하여 피측정 콘크리트에 해당되는 부분과 피측정 콘크리트에 해당되지 않는 부분으로 구분하며, 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 부분의 성숙도 값을 산출할 수 있다.

[0013] 상기 연산부는 상기 제1 측정부를 통해 측정된 시각적 이미지와, 상기 제2 측정부를 통해 측정된 열화상 이미지를 동일한 가상의 선으로 복수의 영역으로 구획하여 인지할 수 있다.

[0014] 상기 연산부는 구획된 시각적 이미지의 복수의 영역을 피측정 콘크리트에 해당되는 영역과 피측정 콘크리트에 해당되지 않는 영역으로 구분하며, 시각적 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 영역과 대응되도록 구획된 열화상 이미지의 복수의 영역을 피측정 콘크리트에 해당되는 영역과 피측정 콘크리트에 해당되지 않는 영역으로 구분하고, 열화상 이미지의 복수의 영역 중 피측정 콘크리트에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값을 산출할 수 있다.

[0015] 상기 연산부는 피측정 콘크리트에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값에 대한 각각의 콘크리트 강도 값을 산출할 수 있다.

[0016] 상기 연산부는 피측정 콘크리트에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값을 산출하는 경우, 피측정 콘크리트의 열 측정을 방해하는 노이즈가 측정된 부분의 열화상 이미지 정보는 제외하고 성숙도 값을 산출할 수 있다.

[0017] 상기 연산부는 시각적 이미지의 복수의 영역 중 피측정 콘크리트에 해당되는 각각의 영역에 그림자가 드리우거나 또는 비닐막이 설치되는 경우, 피측정 콘크리트의 열 측정을 방해하는 노이즈가 아닌 것으로 인지할 수 있다.

[0018] 상기 제어부는 상기 측정부, 상기 데이터 저장부 및 상기 연산부 중 적어도 어느 하나가 오작동되거나 또는 미작동되는 것으로 감지한 경우, 상기 표시부를 통해 오작동 또는 미작동 정보를 출력하도록 제어할 수 있다.

[0019] 피측정 콘크리트의 시각적 이미지와 열화상 이미지를 측정하는 단계; 측정된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 저장하는 단계; 저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 통해 성숙도 값을 산출하는 단계; 산출된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트의 강도 값을 산출하는 단계; 및 산출된 피측정 콘크리트의 강도 값을 표시하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 성숙도 값을 산출하는 단계는 시각적 이미지를 통해 피측정 콘크리트인 부분과 피측정 콘크리트가 아닌 부분으로 구분하는 단계; 시각적 이미지를 통해 구분된 피측정 콘크리트에 해당되는 부분에 대한 시각적 이미지와 열화상 이미지를 가상의 선으로 구획하는 단계; 구획된 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 부분에 대한 온도를 분석하는 단계; 피측정 콘크리트에 대한 온도 분석시 노이즈가 포함된 열화상 이미지를 제거하는 단계; 및 노이즈가 제거된 열화상 이미지의 분석된 온도 정보를 통해 성숙도 값을 산출하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법은 타설된 콘크리트의 양생 기간동안 발현되는 피측정 콘크리트의 강도 값을 산출할 수 있다.

[0022] 본 발명의 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법은 연산부를 통해 피측정 콘크리트와 피측정 콘크리트가 아닌

부분으로 이미지를 구분하므로, 피측정 콘크리트의 성숙도 값의 산출의 정확성이 향상된다.

[0023] 본 발명의 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법은 피측정 콘크리트가 아닌 노이즈가 포함된 열화상 이미지를 제거할 수 있으므로, 피측정 콘크리트의 성숙도 값의 산출의 정확성이 향상된다. 이에 따라 본 발명의 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법은 피측정 콘크리트의 강도 값의 산출의 정확성이 향상된다.

[0024] 본 발명의 콘크리트 강도 측정시스템은 피측정 콘크리트의 강도 측정이 끝난 경우, 이를 다른 피측정 콘크리트의 강도 측정을 위해 사용할 수 있으므로 경제적이다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템의 개념도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 피측정 콘크리트의 시각적 이미지를 구획한 상태를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정방법의 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 성숙도 값을 산출하는 방법의 흐름도이다.

도 5a는 시각적 이미지를 구획한 상태를 나타내며, 도 5b는 열화상 이미지를 구획한 상태를 나타낸 도면이다.

도 6a는 노이즈가 포함된 시각적 이미지를 나타내며, 도 5b는 노이즈가 포함된 시각적 이미지를 나타낸 도면이다.

도 7a는 피측정 콘크리트에 비닐막이 설치된 상태의 시각적 이미지를 나타내며, 도 7b는 피측정 콘크리트에 비닐막이 설치된 상태의 열화상 이미지를 나타낸 도면이다.

도 8은 피측정 콘크리트에 그림자가 드리운 상태의 열화상 이미지와 시각적 이미지를 나타낸 도면이다.

도 9는 인공지능 프로그램을 통해 콘크리트 영역을 학습하는 상태를 나타낸 도면이다.

도 10은 인공지능 프로그램을 통해 다수의 시각적 이미지를 분석한 결과를 나타낸 도면이다.

도 11은 인공지능 프로그램을 통해 콘크리트 영역과 콘크리트가 아닌 영역으로 시각적 이미지를 분석한 상태를 나타낸 도면이다.

도 12 내지 14는 콘크리트 강도 측정에 대한 비교 실험 그래프를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 본 발명을 설명하는데 있어서, 해당 분야에 이미 공지된 기술 또는 구성에 대한 구체적인 설명을 부가하는 것이 본 발명의 요지를 불분명하게 할 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명에서 이를 일부 생략하도록 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어들은 본 발명의 실시예들을 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 해당 분야의 관련된 사람 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0027] 여기서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함하는'의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템의 개념도이며, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 피측정 콘크리트의 시각적 이미지를 구획한 상태를 나타낸 도면이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정방법의 흐름도이며, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 성숙도 값을 산출하는 방법의 흐름도이며, 도 5a는 시각적 이미지를 구획한 상태를 나타내며, 도 5b는 열화상 이미지를 구획한 상태를 나타낸 도면이며, 도 6a는 노이즈가 포함된 시각적 이미지를 나타내며, 도 5b는 노이즈가 포함된 시각적 이미지를 나타낸 도면이며, 도 7a는 피측정 콘크리트에 비닐막이 설치된 상태의 시각적 이미지를 나타내며, 도 7b는 피측정 콘크리트에 비닐막이 설치된 상태의 열화상 이미지를 나타낸 도면이며, 도 8은 피측정 콘크리트에 그림자가 드리운 상태의 열화상 이미지와 시각적 이미지를 나타낸 도면이다.

[0029] 이하, 첨부된 도 1 내지 도 4를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템(100)에 대해서 설명하도록 한다.

[0030] 작업자가 콘크리트를 타설한 후, 타설된 콘크리트의 양생 기간동안 콘크리트의 강도가 발현될 수 있다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템(100)은 타설된 피측정 콘크리트(C)의 양생 기간동안 성숙도 값을 산출하며, 이를 통해 피측정 콘크리트(C)의 현재 강도 값을 출력할 수 있도록 한다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템(100)은 측정부(120)와, 데이터 저장부(130)와, 연산부(140)와, 제어부(150)와, 표시부(160)를 포함할 수 있다. 측정부(120)는 피측정 콘크리트(C)의 시각적 이미지와 열화상 이미지를 측정할 수 있다. 측정부(120)는 제1 측정부(121)와 제2 측정부(122)로 구비될 수 있다.

[0032] 제1 측정부(121)는 피측정 콘크리트(C)의 시각적 이미지를 촬영할 수 있다. 제1 측정부(121)는 일례로서, 시각적 이미지를 촬영하는 디지털 카메라 또는 비디오 카메라로 마련될 수 있으며, 이에 한정하지 않고 촬영 영역의 피측정 콘크리트(C)의 시각적 이미지를 촬영하고 이를 데이터 저장부(130)에 저장할 수 있는 다양한 수단으로 마련될 수 있다.

[0033] 제2 측정부(122)는 피측정 콘크리트(C)의 열화상 이미지를 촬영할 수 있다. 제2 측정부(122)는 일례로서, 열화상 이미지를 촬영하는 열화상 카메라로 마련될 수 있으며, 이에 한정하지 않고 촬영 영역의 피측정 콘크리트(C)의 열화상 이미지를 촬영하는 다양한 비접촉식 열화상 촬영장비로 마련될 수 있다.

[0034] 데이터 저장부(130)는 측정부(120)로부터 측정된 시각적 이미지와 열화상 이미지가 저장될 수 있다. 데이터 저장부(130)는 유선 또는 무선 통신장비를 통해 측정부(120)와 연결되는 컴퓨터 등과 같은 오프라인 장비일 수도 있으며, 무선 장비를 통해 측정부(120)와 연결되는 인터넷 서버로 마련될 수 있다. 한편, 데이터 저장부(130)는 이에 한정하지 않으며, 측정부(120)로부터 측정된 시각적 이미지와 열화상 이미지에 대한 정보를 저장하며, 이를 연산부(140)로 제공할 수 있는 다양한 수단으로 마련될 수 있다.

[0035] 한편, 제1 측정부(121)와 제2 측정부(122)는 동영상과 같이 양생 기간동안 지속적으로 피측정 콘크리트(C)를 촬영할 수 있다. 이와 달리 제1 측정부(121)와 제2 측정부(122)는 양생 기간동안 미리 설정된 단위 시간당 한 번씩 피측정 콘크리트(C)를 촬영하여 복수의 시각적 이미지와 복수의 열화상 이미지를 데이터 저장부(130)에 저장되도록 할 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 측정부(120)가 양생 기간동안 미리 설정된 단위 시간당 한 번씩 피측정 콘크리트(C)를 촬영하는 경우를 예로 들어 설명한다.

[0036] 제1 측정부(121)와, 제2 측정부(122)를 구비하는 측정부(120)는 미리 설정된 단위 시간당 한 번씩 피측정 콘크리트(C)를 촬영할 수 있다. 예를 들어, 피측정 콘크리트(C)를 촬영하는 단위 시간을 20분으로 설정하는 경우, 제1 측정부(121)는 피측정 콘크리트(C)를 20분에 한 번씩 촬영하며, 제2 측정부(122)는 동일하게 20분에 한 번씩 피측정 콘크리트(C)를 촬영한다. 한편, 피측정 콘크리트(C)를 촬영하는 단위 시간은 피측정 콘크리트(C)의 재질이나, 피측정 콘크리트(C)의 타설 조건, 외부 온도 등에 의해 다양하게 설정될 수 있다.

[0037] 연산부(140)는 데이터 저장부(130)에 저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 분석 및 처리하여 성숙도 값을 산출할 수 있다. 아울러, 연산부(140)는 산출된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 산출할 수 있다.

[0038] 연산부(140)는 유/무선 통신을 통해 데이터 저장부(130)에 저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 처리할 수 있다. 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템(100)은 데이터 저장부(130)가 유/무선 통신을 통해 데이터 저장부(130)에 저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 연산부(140)로 제공하며, 제공된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 연산부(140)가 분석 및 처리하는 경우에도 동일하게 이해되어야 한다.

[0039] 데이터 저장부(130)는 유/무선 통신을 통해 시각적 이미지와 열화상 이미지를 연산부(140)로 제공할 수 있다. 연산부(140)는 일례로서, 컴퓨터나 서버 등으로 마련될 수 있으나, 이에 한정하지 않고 데이터 저장부(130)로부터 제공된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 통해 성숙도 값 및 강도 값을 산출하는 다양한 방식으로 마련될 수 있다.

[0040] 연산부(140)는 인공지능(AI, artificial intelligence) 프로그램을 통해 시각적 이미지와 열화상 이미지를 분석하며, 이를 통해 피측정 콘크리트(C)의 성숙도 값을 산출할 수 있다. 또한 연산부(140)는 산출된 피측정 콘크리트(C)의 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 산출할 수 있다. 인공지능 프로그램은 머신러닝(machine learning) 기술, 딥러닝(deep learning) 기술 등을 포함할 수 있으며, 해당 기술은 공지된 영역의 기술이므로 자세한 설명은 생략한다.

[0041] 이하, 도 9 내지 11을 참고하여 인공지능 프로그램(AI Program)을 통해 콘크리트와 콘크리트가 아닌 영역으로 구분하는 학습 훈련에 대해 간단히 설명한다.

[0042] 도 9는 인공지능 프로그램을 통해 콘크리트 영역을 학습하는 상태를 나타낸 도면이며, 도 10은 인공지능 프로그램을 통해 다수의 시각적 이미지를 분석한 결과를 나타낸 도면이고, 도 11은 인공지능 프로그램을 통해 콘크리트 영역과 콘크리트가 아닌 영역으로 시각적 이미지를 분석한 상태를 나타낸 도면이다.

[0043] 도 9를 참조하면, 인공지능 프로그램을 통해 콘크리트 영역을 학습 훈련하는 상태를 나타낸 도면이다. 도 9와 같이 본 발명은 인공지능 프로그램에 대해 콘크리트를 인지시키기 위해 2540개의 샘플 이미지를 통해 인공지능 프로그램을 학습시켰다. 이를 학습하기 위한 인공지능 프로그램으로 매트랩(MATLAB)이나 파이썬(PYTHON) 등을 코딩하여 사용할 수 있으며, 이에 한정하지 않고 다양한 인공지능 프로그램을 사용할 수 있다.

[0044] 도 10은 인공지능 프로그램을 도 10은 인공지능 프로그램을 통해 다수의 시각적 이미지를 분석한 결과를 나타낸 도면이다. 도 10의 상부에 위치된 그래프를 살펴보면, 에포크(Epoch)가 4 이상인 경우, 콘크리트 영역을 인지하는 정확도가 약 90%에 해당되는 것으로 결과가 도출된다. 이 때, 에포크(Epoch)는 머신러닝에서 경사하강법을 사용해 학습을 반복할 때 이 반복을 의미한다.

[0045] 도 11은 인공지능 프로그램을 통해 콘크리트 영역과 콘크리트가 아닌 영역으로 시각적 이미지를 분석한 상태를 나타낸 도면이다. 도 11을 참조하면, 실제 건설현장에 타설된 콘크리트에 대한 시각적 이미지를 인공지능 프로그램을 통해 분석한 상태이다. 도 11은 인공지능 프로그램이 에포크가 4인 경우로 학습된 상태에서 건설현장을 분석하여, 콘크리트로 인식한 부분은 분홍색으로 표기된 것이며, 콘크리트로 인식하지 않은 부분은 초록색으로 표기된 것이다.

[0046] 한편, 도 9 내지 11을 통해 인공지능 프로그램을 학습하는 방법이나 에포크의 횟수는 이해를 돕기 위해 설명한 것일 뿐, 본 발명의 권리범위는 이에 한정하는 것은 아니며 다양한 학습 방법이나 에포크의 설정횟수로 인공지능 프로그램을 학습시킬 수 있는 것은 통상의 기술자에게 자명한 사항이다.

[0047] 연산부(140)는 데이터 저장부(130)에 저장된 시각적 이미지를 분석하여 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분과 피측정 콘크리트(C)에 해당되지 않는 부분으로 구분할 수 있다. 연산부(140)는 인공지능 프로그램을 통해 데이터 저장부(130)로부터 공급된 시각적 이미지를 분석할 수 있다. 연산부(140)는 딥러닝을 통해 콘크리트와, 콘크리트가 아닌 사물을 구분할 수 있는 인공지능 프로그램을 통해 시각적 이미지를 분석하여 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분과 피측정 콘크리트(C)에 해당되지 않는 부분으로 구분할 수 있다.

[0048] 연산부(140)는 시각적 이미지 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분과 대응되도록 데이터 저장부(130)에 저장된 열화상 이미지를 처리하여 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분과 피측정 콘크리트(C)에 해당되지 않는 부분으로 구분할 수 있다. 아울러, 연산부(140)는 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분의 성숙도 값을 산출할 수 있다.

[0049] 한편, 공사현장에 별도의 조명 장비가 없다면 야간에는 제1 측정부(121)를 통해 촬영한 시각적 이미지에 아무것도 보이지 않을 수도 있다. 이와 같은 경우 연산부(140)는 야간에 촬영된 시각적 이미지를 통해 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분과 피측정 콘크리트(C)에 해당되지 않는 부분으로 구분하기가 어려울 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 발명의 실시 예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템(100)은 야간에 제1 측정부(121)를 통해 촬영된 시각적 이미지를 통해 피측정 콘크리트(C)를 구분하기 어려운 경우, 주간에 제1 측정부(121)를 통해 촬영된 시각적 이미지를 통해 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분과, 피측정 콘크리트(C)에 해당되지 않는 부분을 구분할 수 있다.

[0050] 즉 콘크리트 강도 측정시스템(100)의 연산부(140)는 야간 등과 같이 피측정 콘크리트(C)를 식별하기 어려운 경우, 주간에 제1 측정부(121)를 통해 촬영된 시각적 이미지를 통해 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분의 위치를 구분하며, 이와 대응되는 야간에 제2 측정부(122)를 통해 촬영된 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분의 온도 정보 값을 통해 야간에도 성숙도 값을 산출할 수 있다.

[0051] 공사현장에는 타설된 피측정 콘크리트(C) 이외에도 거푸집이나, 기타 건설 장비들이 함께 적치될 수 있다. 이 경우, 연산부(140)는 제1 측정부(121)가 촬영한 시각적 이미지 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분을 따로 분리하며, 이 정보를 토대로 제2 측정부(122)가 촬영한 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분의 성숙도 값만을 산출함으로써 콘크리트 강도 측정의 신뢰성 및 정확성이 향상될 수 있다.

[0052] 연산부(140)가 피측정 콘크리트(C)의 성숙도 값 및 강도 값을 산출하는 과정에 대해 설명한다. 콘크리트가 경화

되며 강도를 발현할 때, 콘크리트는 여러가지 외부환경조건에 영향을 받는다. 그 중에서도 양생온도에 가장 많은 영향을 받으며, 더운 여름철에는 콘크리트의 강도가 요구 강도에 비교적 빠른 시간에 도달하며, 추운 겨울철에는 콘크리트의 강도가 요구 강도에 여름철과 비교하여 다소 늦은 시간에 도달한다는 것은 공지된 사실이다. 콘크리트의 특성을 합리적으로 정리하고자 하는 개념에서 도출된 것이 성숙도 값에 해당된다.

[0053] 이하, 성숙도 값 및 강도 값을 산출하기 위한 두 가지 방식을 설명한다. 그러나 성숙도 값 및 강도 값을 산출하기 위한 방식은 후술하는 두 가지 방식 이외에도 다양한 방식으로 산출될 수 있다.

[0054] 우선, Nurse-Saul 함수에 의한 성숙도 산출 및 강도 산출에 대해 설명하기 위해 아래의 공식(1)과 공식(2)를 제공한다.

[0055] 성숙도는 양생온도*재령(재료가 만들어지고부터의 경과일수)으로 산출될 수 있다. 즉 성숙도는 피측정 콘크리트(C)가 타설된 직후부터 측정 시점까지의 시간과 양생온도와의 관계에서 도출될 수 있다.

$$M = \sum(\theta + 10)\Delta t$$

[0056] 공식(1) :

$(M:$ 성숙도, $\Delta t:$ 양생기간, $\theta:$ Δt 기간동안 평균 양생온도(℃)$)$

[0057]

[0058] 위의 공식(1)에서 10℃를 더하는 이유는 영하 10℃ 이상의 조건에서는 콘크리트의 강도가 기간이 지남에 따라 점진적으로 발현될 수 있다는 개념에 의한 것이며, 평균 양생온도가 영하 10℃이면 시그마항이 0이 되기 때문에 양생기간이 아무리 늘어나도 성숙도가 0℃이 된다. 결론적으로 영하 10℃는 콘크리트가 양생기간동안 강도가 발현될 수 있는 한계온도에 해당될 수 있다.

[0059] 상기 식(1)을 통해 측정된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 측정하는 공식(2)를 설명한다.

$$S = a + b * \log(M)$$

[0060] 공식(2) :

$(S:$ 압축강도$[Mpa]$, a와 $b:$ 상수, $M:$ 상기 공식(1)에서 구한 성숙도 값$)$

[0061]

[0062] 연산부(150)는 상기 공식(2)를 통해 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 산출할 수 있다. 한편, a와 b의 상수는 콘크리트의 재질, 콘크리트의 양생 조건에 따라 다양하게 마련될 수 있음은 자명하다.

[0063] 이하, Arrhenius 공식에 의한 성숙도 및 강도 산출에 대해 설명하기 위해 아래의 공식(3)과 공식(4)를 제공한다.

$$t_e = \sum e^{-Q\left(\frac{1}{T_a}-\frac{1}{T_s}\right)}\Delta t$$

[0064] 공식(3) :

$(t_e:$ 등가재령$(hr$ 또는 $day)$, $Q:$ 상수, $T_a:$ 기간 콘크리트 평균 온도, $T_s:$

콘크리트 강도발현 기준온도, $\Delta t:$ 양생기간$)$

[0065]

[0066] 상기 공식(3)에서 Q에 대한 상수 값은 활성화에너지(E, 시멘트 종류에 따른 고유값)을 기체상수(R, 8.314J/(mol*K))로 나눈 값으로 구할 수 있다.

[0067] 상기 공식(3)에서 구한 등가재령(성숙도) 값을 통해 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 구하는 공식(4)를 설명한다.

$$S = S_u * \frac{k_s(t_e - t_{os})}{1 + k_s(t_e - t_{os})}$$

[0068] 공식(4) :

(S : 콘크리트 압축강도[Mpa], S_u : 콘크리트 한계강도[Mpa],

k_s: 온도에 관한 비율 상수, t_{os} : 기본등가재령, t_e: 상기 식(3)에서구한 등가재령 값)

[0069]

[0070] 상기 공식(4)에서 비율상수(rate constant) k_s에 대한 값은 1/day 또는 1/hr 등으로 마련될 수 있다. 상기 공식(4)에서 기본등가재령에 해당되는 t_{os}는 공식(3)에서 콘크리트 강도발현 기준온도 값에 해당되는 T_S의 기본등가재령을 나타낸다. 연산부(150)는 상기 공식(4)를 통해 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 산출할 수 있다.

[0071] 한편, 피측정 콘크리트(C)의 성숙도 값 및 강도 값을 산출하기 위한 공식(1) 및 공식(2)에 대한 내용과, 공식(3) 및 공식(4)에 대한 내용은 본 발명의 이해를 돕기 위해 설명한 예시일 뿐, 이에 한정하는 것은 아니며 공지된 다양한 식을 통해 성숙도 값 및 강도 값을 계산할 수 있다.

[0072] 이하, 본 발명을 통해 예측한 콘크리트 강도 측정과, 종래의 기술을 통해 예측한 콘크리트 강도 측정에 대해 비교하여 살펴보도록 한다.

[0073] 도 12 내지 14는 콘크리트 강도 측정에 대한 비교 실험 그래프를 나타낸 도면이다.

[0074] 우선, 실험용으로 실린더형 또는 큐브형 콘크리트를 준비했다. 실린더형 또는 큐브형 콘크리트를 타설한 후, 두 가지 방식으로 콘크리트의 온도를 측정했다. 첫번째 방식은 본 발명의 일 실시예인 제2 측정부(열화상카메라)를 통해 촬영한 콘크리트의 열화상 이미지를 통해 콘크리트의 온도를 측정함으로써 콘크리트 강도를 측정했다. 두번째 방식은 열센서를 콘크리트에 매설한 후 이를 통해 측정한 콘크리트의 온도를 통해 콘크리트 강도를 측정했다(종래의 기술).

[0075] 두 가지 방식 모두 20분에 한 번씩 콘크리트의 온도를 측정하며, 측정된 온도 값을 통해 전술한 공식(3) 및 공식(4)를 통해 콘크리트의 강도를 측정했다.

[0076] 도 12를 살펴보면, 도 12는 시간대에 따라 측정한 실험실의 온도(Room temperature)와, 열화상 이미지를 통해 측정한 콘크리트의 온도(Data from the Images)와, 열센서를 통해 측정한 콘크리트의 온도(Data from Thermocouples)가 도시된다. 도 12를 살펴보면, 열화상 이미지를 통해 측정한 콘크리트의 온도와 열센서를 통해 측정한 콘크리트의 온도 간에 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

[0077] 도 13을 살펴보면, 도 13은 전술한 공식(3)을 통해 시간 변화에 따른 강도재령을 산출하며, 이 강도재령 값을 이용하여 전술한 공식(4)를 통해 콘크리트의 압축 강도를 예측했다. 이를 살펴보면, 강도재령(시간 변화)에 따라 측정한 콘크리트의 압축강도에 대한 평균값(Mean Strength)이 열화상 이미지를 통해 측정한 콘크리트의 압축강도 평균값(From Thermo Images)와, 열센서를 통해 측정한 콘크리트의 압축강도 평균값(From Thermocoulples)이 크게 차이가 나지 않는 것으로 계산되었다.

[0078] 도 14를 살펴보면, 도 14는 시간 변화에 따른 콘크리트의 강도 변화를 나타낸 그래프이다.

[0079] 도 14를 살펴보면, 실험용 콘크리트의 시간 변화에 따른 실제 강도 측정값(Experimental data)이 도시되었다. 또한 열화상 이미지와 전술한 공식(3) 및 공식(4)를 통해 구한 콘크리트 강도 값(From Thermo Images)와, 열센서와 전술한 공식(3) 및 공식(4)를 통해 구한 콘크리트 강도 값(From Thermocouples)이 도시되었다. 도 14를 살펴보면, 시간 경과에 따른 실제 콘크리트 강도 값에 비해 열화상 이미지 및 열센서를 통해 추정한 콘크리트 강도 값이 다소 적게 측정되었다.

[0080] 즉 콘크리트가 양생기간동안 실제로 구현되는 압축강도 값에 비해 공식(3) 및 공식(4)를 통해 추정한 콘크리트 강도 값이 적게 추정되었다. 즉 공식(3) 및 공식(4)를 통해 추정한 콘크리트 강도 값(From Thermo Images, From Thermocouples)이 타설된 콘크리트의 요구강도 값보다 큰 경우, 타설된 콘크리트의 실제 강도값이 요구강도 값보다 월등히 큰 값을 가지므로 다음 공정을 진행하여도 안전범위에 속하게 된다.

[0081] 아울러, 종래의 열센서를 통한 방식과 본 발명의 열화상 이미지를 통한 방식을 통해 추정한 콘크리트 강도 값이 도시된 바와 같이 유사하므로, 본 발명을 통해 추정한 콘크리트 강도 값은 신뢰성이 확보된 것으로 판단된다.

[0082] 본 발명의 경우 제어부(150)가 마련된다. 본 발명의 예시적인 실시예에 따른 제어부(150)는 다양한 구성 요소의 동작을 제어하도록 구성된 알고리즘 또는 상기 알고리즘을 재생하는 소프트웨어 명령어에 관한 데이터를 저장하도록 구성된 비휘발성 메모리(도시되지 않음) 및 해당 메모리에 저장된 데이터를 사용하여 이하에 설명되는 동

작을 수행하도록 구성된 프로세서(도시되지 않음)를 통해 구현될 수 있다. 여기서, 메모리 및 프로세서는 개별 칩으로 구현될 수 있다. 대안적으로는, 메모리 및 프로세서는 서로 통합된 단일 칩으로 구현될 수 있다. 프로세서는 하나 이상의 프로세서의 형태를 취할 수 있다.

[0083] 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템(100)은 좀 더 정밀하게 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 계산하기 위해 연산부(140)가 시각적 이미지와 열화상 이미지를 복수의 영역으로 구획할 수 있다.

[0084] 연산부(140)는 제1 측정부(121)를 통해 측정된 시각적 이미지와, 제2 측정부(122)를 통해 측정된 열화상 이미지를 동일한 가상의 선으로 복수의 영역으로 구획할 수 있다. 도 2를 참조하면, 점선으로 이루어진 "A1, A2, B1, B2"는 연산부(140)가 시각적 이미지 및 열화상 이미지에 대해 형성하는 가상의 선에 해당된다. 한편, 가상의 선의 개수와 선의 배치관계는 도시된 바에 한정하는 것은 아니며, 필요에 따라 다양한 개수와 다양한 배치관계를 가질 수 있다.

[0085] 한편, 연산부(140)는 구획된 시각적 이미지의 복수의 영역을 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 영역과 피측정 콘크리트(C)에 해당되지 않는 영역으로 구분할 수 있다. 전술한 바와 같이 연산부(140)는 피측정 콘크리트(C)와, 피측정 콘크리트(C)가 아닌 사물을 구분할 수 있으므로, 연산부(140)는 구획된 시각적 이미지의 복수의 영역 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 영역과, 피측정 콘크리트(C)에 해당되지 않는 영역으로 구분할 수 있다.

[0086] 도 2를 참조하면, 연산부(140)가 피측정 콘크리트(C)로 인지하는 피측정 콘크리트(C)의 영역은 피측정 콘크리트(C)를 촬영한 시각적 이미지 중에서 가로로 평행하게 배치되는 "A1, A2" 점선과, 세로로 평행하게 배치되는 "B1, B2"로 구획되는 9개의 영역(S1, S2, ?, S8, S9)으로 선택될 수 있다.

[0087] 연산부(140)는 시각적 이미지 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 영역과 대응되도록 구획된 열화상 이미지의 복수의 영역을 콘크리트에 해당되는 영역과 피측정 콘크리트(C)에 해당되지 않는 영역으로 구획할 수 있다. 이 경우, 연산부(140)가 인지하는 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트(C)의 영역은 시각적 이미지 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 영역과 동일하다.

[0088] 도 2를 참조하면, 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트(C)의 영역은 9개의 영역으로 선택될 수 있다. 연산부(140)는 열화상 이미지의 복수의 영역 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값을 산출할 수 있다. 이와 같이 피측정 콘크리트(C)를 복수의 영역으로 구획한 후 성숙도 값을 산출하게 되면, 피측정 콘크리트(C)의 각각의 영역에 대한 성숙도 값을 산출할 수 있으며, 이에 따라 전체 단위가 아닌 각각의 부분 단위에 대한 성숙도 값을 산출할 수 있으므로 피측정 콘크리트(C)의 강도 측정의 신뢰성이 향상될 수 있다. 한편, 각각의 피측정 콘크리트(C)의 영역에 대한 성숙도 값을 산출하는 과정은 전술한 식(1)과 동일하다. 한편, 연산부(140)는 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값에 대한 각각의 콘크리트 강도 값을 산출할 수 있다.

[0089] 연산부(140)는 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 각각의 영역의 성숙도 값을 산출하는 경우, 피측정 콘크리트(C)의 열 측정을 방해하는 노이즈가 측정된 부분의 열화상 이미지 정보는 제외하고 성숙도 값을 산출할 수 있다.

[0090] 예를 들어, 타설된 피측정 콘크리트(C)의 양생 기간동안 피측정 콘크리트(C) 위에 건설장비가 적치되거나, 피측정 콘크리트(C) 위에서 작업자가 이동되는 순간에 대한 시각적 이미지 및 열화상 이미지가 촬영되는 경우, 연산부(140)는 이를 노이즈로 인지할 수 있다. 연산부(140)는 시각적 이미지 중에서 최초 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 영역으로 인지된 영역에 콘크리트가 아닌 사물이 있는 경우와, 열화상 이미지 중에서 직전 열화상 이미지와 온도가 확연하게 차이가 나는 경우 노이즈가 발생한 것으로 판단할 수 있다. 이와 같은 노이즈가 열화상 이미지에 포함되는 경우, 정확한 성숙도 값을 산출하기 어려우므로 노이즈가 포함된 열화상 이미지 정보는 제외하고 나머지 열화상 이미지 정보를 통해 성숙도 값을 계산하게 된다.

[0091] 연산부(140)는 시각적 이미지의 복수의 영역 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 각각의 영역에 그림자가 드리우거나 또는 비닐막이 설치되는 경우, 피측정 콘크리트(C)의 열 측정을 방해하는 노이즈가 아닌 것으로 인지할 수 있다. 이와 같이 노이즈가 아닌 것으로 판단하는 경우, 그림자가 드리우거나 또는 비닐막이 설치된 시각적 이미지와 동일한 시간에 촬영된 열화상 이미지를 성숙도 값 계산에 사용할 수 있다.

[0092] 연산부(140)는 딥러닝을 통해 학습된 인공지능 프로그램을 통해 시각적 이미지 중 그림자가 드리운 것과, 비닐막이 설치된 것을 인지할 수 있다. 이 경우, 연산부(140)는 해당 시각적 이미지가 촬영된 시간과 동일한 시간에 촬영된 열화상 이미지를 사용할 수 있다.

[0093] 피측정 콘크리트(C)에 그림자가 드리운 경우, 성숙도 값을 산출할 때 오차범위 이내에 해당되므로 연산부(140)

는 그림자를 노이즈로 인지하지 않는다.

[0094] 피측정 콘크리트(C)가 타설된 직후 건습을 방지하기 위해 비닐막을 피측정 콘크리트(C)에 설치할 수 있다. 피측정 콘크리트(C)에 비닐막이 설치된 경우, 성숙도 값을 산출할 때 오차범위 이내에 해당되므로 연산부(140)는 비닐막을 노이즈로 인지하지 않는다.

[0095] 도 5a는 시각적 이미지를 구획한 상태를 나타내며, 도 5b는 열화상 이미지를 구획한 상태를 나타낸 도면이다.

[0096] 도 5a를 살펴보면, 타설된 피측정 콘크리트가 있으며, 철근 등과 같은 건설장비 등이 제1 측정부(121)를 통해 함께 촬영된 상태이다. 이 때, 연산부(140)가 시각적 이미지를 가상의 선으로 다수의 영역으로 구획할 수 있다(도 5a의 S1, S2, ?, S30). 이 경우, 건설장비가 있는 "S1, S2, S3, S4, S5, S10, S17, S21, S22, S27, S28, S29, S30" 등의 구역에 대해서는 연산부(140)가 노이즈로 인식하며, 도 5b의 열화상 이미지 중에서 대응되는 영역의 열화상 이미지의 구역(S1, S2, S3, S4, S5, S10, S17, S21, S22, S27, S28, S29, S30) 또한 노이즈로 인식된다. 이에 따라 연산부(140)는 해당 열화상 이미지 자체를 성숙도 값을 산출할 때 제외하거나 또는 열화상 이미지 중 노이즈로 인식된 구역 부분만을 성숙도 값을 산출할 때 제외할 수 있다.

[0097] 도 6a는 노이즈가 포함된 시각적 이미지를 나타내며, 도 5b는 노이즈가 포함된 시각적 이미지를 나타낸 도면이다.

[0098] 도 6a는 작업자가 피측정 콘크리트에 비닐막을 설치중인 상태를 나타낸다. 이 경우, 연산부(140)는 도 6b를 참조하여 작업자는 노이즈로 인식하여 작업자가 있는 구역과 대응되는 열화상 이미지의 구역은 성숙도 값을 산출할 때 제외하며, 전술한 바와 같이 비닐막은 노이즈로 인식하지 않기 때문에 비닐막에 대해서는 성숙도 값을 산출할 때 비닐막이 있는 구역은 포함시켜 성숙도 값을 산출한다.

[0099] 도 7a는 피측정 콘크리트에 비닐막이 설치된 상태의 시각적 이미지를 나타내며, 도 7b는 피측정 콘크리트에 비닐막이 설치된 상태의 열화상 이미지를 나타낸 도면이다.

[0100] 전술한 바와 같이 비닐막이 설치된 경우 노이즈로 인식되지 않기 때문에 도 7b 중 비닐막이 설치된 피측정 콘크리트가 모두 성숙도 값을 산출할 때 포함시켜 성숙도 값을 산출한다.

[0101] 도 8은 피측정 콘크리트에 그림자가 드리운 상태의 열화상 이미지와 시각적 이미지를 나타낸 도면이다. 도 8 중 상부의 사진은 열화상 이미지이며, 도 8 중 하부의 사진은 시각적 이미지이다. 전술한 바와 같이 그림자는 연산부(140)가 노이즈로 인식하지 않기 때문에 그림자가 포함된 부분 및 그림자가 포함되지 않은 부분의 피측정 콘크리트(C)가 모두 성숙도 값을 산출할 때 포함될 수 있다.

[0102] 한편, 전술한 바와 같이 연산부(140)는 시각적 이미지 중 피측정 콘크리트에 해당되는 부분과, 피측정 콘크리트에 해당되지 않는 부분을 구분할 수 있다. 아울러, 연산부(140)는 피측정 콘크리트에 해당되는 부분 중 시간 경과에 따라 어떠한 변화가 생겼을 경우, 이를 노이즈로 판단하거나 노이즈가 아닌 것으로 판단할 수 있다. 즉 연산부(140)는 성숙도 값을 산출할 때 오차범위 이내에 해당되는 그림자 또는 비닐막 등은 노이즈로 판단하지 않으며, 작업자 또는 건설장비 등은 노이즈로 판단해 성숙도 값을 산출할 때 제외될 수 있다.

[0103] 제어부(150)는 측정부(120)와, 데이터 저장부(130)와 연산부(140)의 동작을 감지 및 제어할 수 있다. 제어부(150)는 유/무선 통신을 통해 연산부(140)로부터 산출된 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 제공받을 수 있다.

[0104] 한편, 제어부(150)는 연산부(140)에 의해 피측정 콘크리트(C)가 복수의 영역으로 구획되는 경우, 연산부(140)에 의해 산출된 복수의 영역에 대한 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 각각 제공받을 수 있다. 이 경우, 작업자는 전체 영역이 아닌 단위 영역의 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 파악할 수 있으므로 강도가 취약한 부분을 용이하게 판단할 수 있는 장점이 있다.

[0105] 표시부(160)는 제어부(150)에 의해 제어되며, 연산부(140)로부터 산출된 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 출력할 수 있다. 표시부(160)는 일례로, 제어부(150)와 유/무선 통신을 통해 연결된 디스플레이 장치로 마련될 수 있으며, 제어부(150)와 블루투스(Bluetooth) 방식을 통해 연결되는 스마트폰 등과 같은 디바이스로 마련될 수도 있다. 표시부(160)는 작업자가 제어부(150)로부터 산출된 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 육안 또는 음성으로 확인할 수 있도록 한다.

[0106] 제어부(150)는 측정부(120), 데이터 저장부(130) 및 연산부(140) 중 적어도 어느 하나가 오작동되거나 또는 미작동되는 것으로 감지한 경우, 표시부(160)를 통해 오작동 또는 미작동 정보를 출력하도록 제어할 수 있다. 이 경우, 작업자는 표시부(160)를 통해 측정부(120), 데이터 저장부(130) 및 연산부(140)의 오작동 또는 미작동을

조기에 발견할 수 있으며, 이를 조기에 대처함으로써 피측정 콘크리트(C)의 강도 값 측정의 신뢰성이 향상될 수 있다.

[0107] 이하, 도 3 내지 4를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정방법에 대해 살펴본다. 우선 피측정 대상인 콘크리트가 타설된다(S100).

[0108] 피측정 콘크리트(C)를 측정한다(S200). 즉 피측정 콘크리트(C)의 시각적 이미지와 열화상 이미지를 측정하는 단계(S200)에 해당된다.

[0109] 피측정 콘크리트(C)의 시각적 이미지와 열화상 이미지를 데이터 저장부(130)에 이미지 정보로 저장한다(S300). 즉 측정된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 저장하는 단계(S300)이다.

[0110] 데이터 저장부(130)에 저장된 이미지 정보를 통해 연산부(140)가 성숙도 값을 산출한다(S400). 즉 저장된 시각적 이미지와 열화상 이미지를 통해 성숙도 값을 산출하는 단계(S400)이다.

[0111] 제어부(150)가 연산부(140)에서 산출된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 측정한다(S500). 즉 산출된 성숙도 값을 통해 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 산출하는 단계(S500)이다.

[0112] 표시부(160)가 제어부(150)에서 산출된 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 출력한다(S600). 즉 산출된 피측정 콘크리트(C)의 강도 값을 표시하는 단계(S600)이다.

[0113] 전술한 성숙도 값을 산출하는 단계(S400)에 대해 도 4를 참조하여 자세히 살펴본다.

[0114] 우선 저장된 이미지 정보를 통해 콘크리트 영역을 인지(AI 활용)한다(S410). 즉 연산부(140)가 시각적 이미지를 통해 피측정 콘크리트(C)인 부분과 피측정 콘크리트(C)가 아닌 부분으로 구분하는 단계(S410)이다.

[0115] 피측정 콘크리트(C)의 측정 영역을 구획한다(S420). 즉 연산부(140)가 시각적 이미지를 통해 구분된 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분에 대한 시각적 이미지와 열화상 이미지를 가상의 선으로 구획하는 단계(S420)이다.

[0116] 구획 영역 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 영역의 온도를 분석한다(S430). 즉 구획된 열화상 이미지 중 피측정 콘크리트(C)에 해당되는 부분에 대한 온도를 분석하는 단계(S430)이다.

[0117] 피측정 콘크리트(C)의 영역 중 노이즈 발생시 노이즈를 제거한다(S440). 즉 피측정 콘크리트(C)에 대한 온도 분석시 노이즈가 포함된 열화상 이미지를 제거하는 단계(S440)이다.

[0118] 성숙도 값을 산출한다(S450). 즉 노이즈가 제거된 열화상 이미지의 분석된 온도 정보를 통해 성숙도 값을 산출하는 단계(S450)이다.

[0119] 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법은 피측정 콘크리트의 양생 기간에 따른 성숙도 값을 산출하며, 이를 통해 콘크리트 강도 값을 산출할 수 있다.

[0120] 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법은 타설된 피측정 콘크리트의 양생 기간동안 시간의 경과에 따른 강도의 발현을 지속적으로 측정할 수 있다. 이에 따라 타설된 피측정 콘크리트가 요구 강도에 도달하는 시점을 정확하게 파악할 수 있다.

[0121] 이에 따라 본 발명의 일 실시예에 따른 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법은 피측정 콘크리트가 요구 강도에 도달하는 경우, 곧바로 거푸집을 해체하는 등 다음 공정을 진행할 수 있다. 타설된 피측정 콘크리트가 도로로 구성되는 경우, 피측정 콘크리트가 요구 강도에 도달하는 경우 도로를 곧바로 개방할 수 있다.

[0122] 이에 따라 불필요하게 소요되는 공사기간을 단축함으로써 전체 공사기간 및 공사비용을 절감할 수 있는 장점이 있다. 아울러, 연산부를 통해 피측정 콘크리트의 성숙도 값을 산출하는데 방해되는 노이즈를 제거할 수 있으므로 피측정 콘크리트의 강도 값의 정확성이 향상되는 이점이 있다.

[0123] 또한 연산부가 비닐막이나 그림자 등 피측정 콘크리트의 강도 값의 오차범위 내에 있는 사물은 노이즈로 판단하지 않으므로 피측정 콘크리트의 강도 값의 정확성이 크게 감소하지 않는다.

[0124] 본 발명의 각 실시예에 개시된 기술적 특징들은 해당 실시예에만 한정되는 것은 아니고, 서로 양립 불가능하지 않은 이상, 각 실시예에 개시된 기술적 특징들은 서로 다른 실시예에 병합되어 적용될 수 있다.

[0125] 이상, 본 발명의 콘크리트 강도 측정시스템 및 측정방법의 실시예들에 대해 설명하였다. 본 발명은 상술한 실시예 및 첨부한 도면에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자의 관점에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명의 범위는 본 명세서의 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와

균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0126] 100: 콘크리트 강도 측정시스템

120 : 측정부

130 : 데이터 저장부

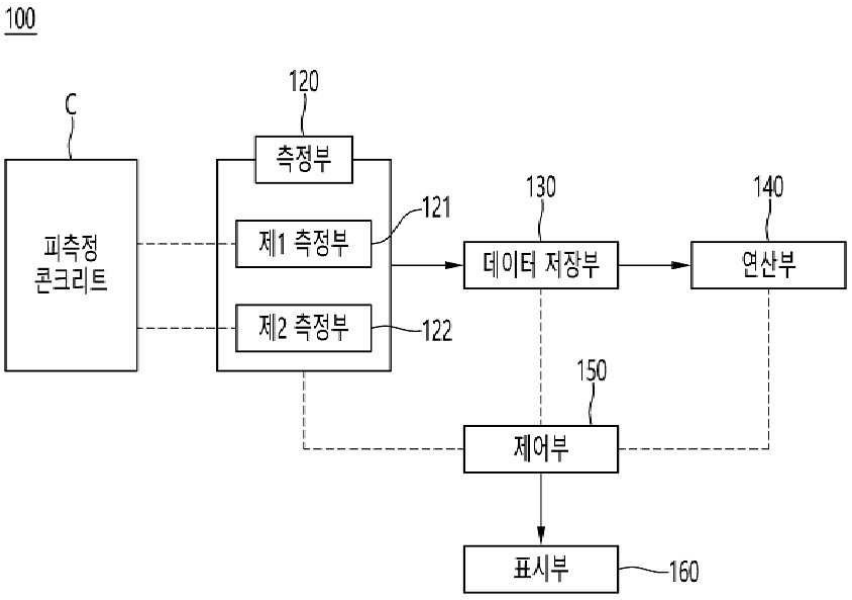
140 : 연산부

150 : 제어부

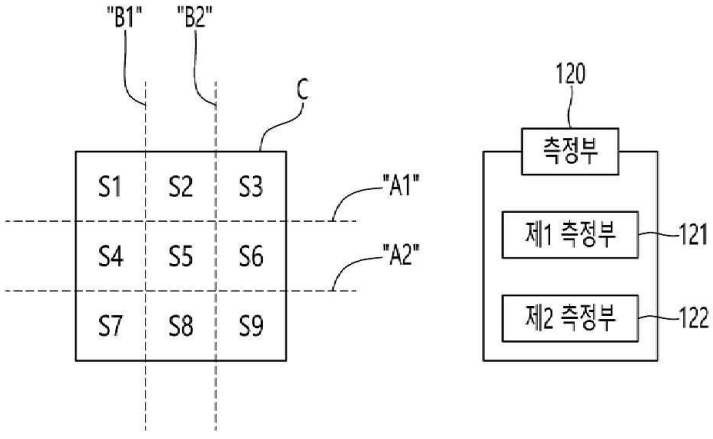
160 : 표시부

도면

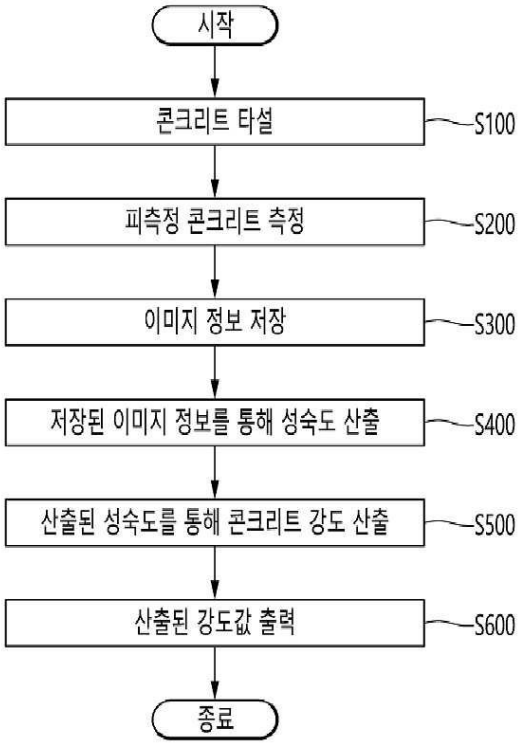
도면1



도면2



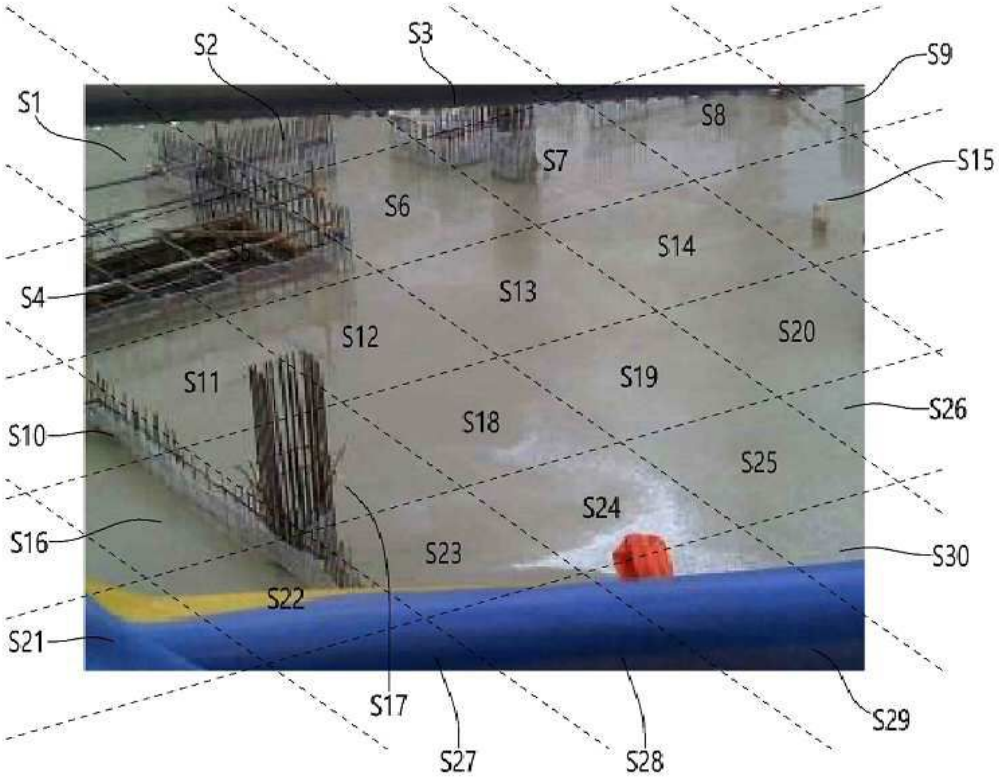
도면3


시작
콘크리트 타설
S100
피측정 콘크리트 측정
S200
이미지 정보 저장
S300
저장된 이미지 정보를 통해 성숙도 산출
S400
산출된 성숙도를 통해 콘크리트 강도 산출
S500
산출된 강도값 출력
S600
종료

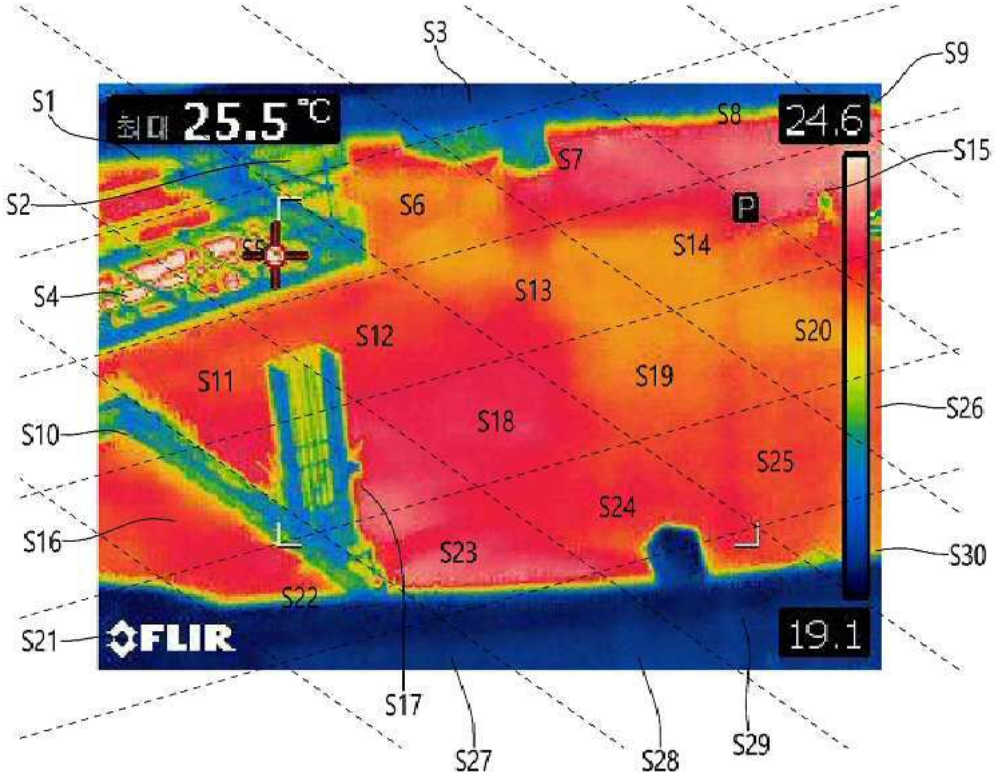
도면4


S400
저장된 이미지 정보를 통해 콘크리트 영역 인지(AI 활용)
S410
콘크리트 측정 영역 구획
S420
구획 영역 온도 분석
S430
노이즈 제거
S440
성숙도 산출
S450

도면5a


S1
S2
S3
S4
S6
S7
S8
S9
S10
S11
S12
S13
S14
S15
S16
S17
S18
S19
S20
S21
S22
S23
S24
S25
S26
S27
S28
S29
S30

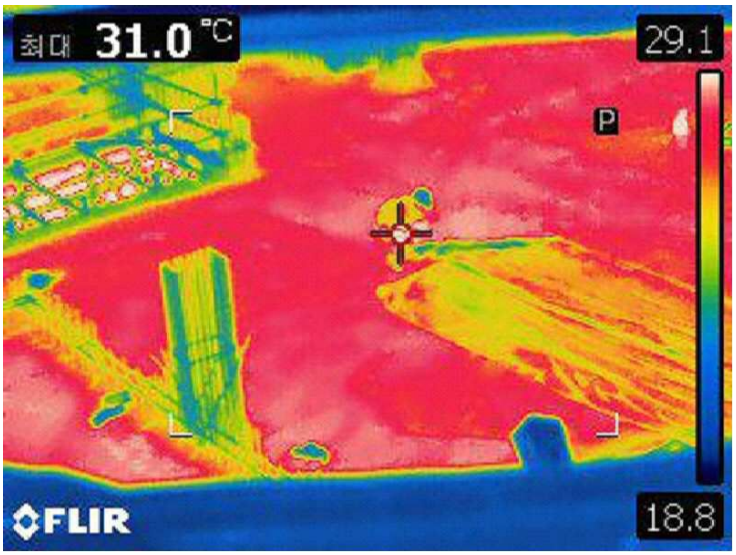
도면5b


최대 25.5 °C
24.6
19.1
FLIR
S1
S2
S3
S4
S6
S7
S8
S9
S10
S11
S12
S13
S14
S15
S16
S17
S18
S19
S20
S21
S22
S23
S24
S25
S26
S27
S28
S29
S30

도면6a



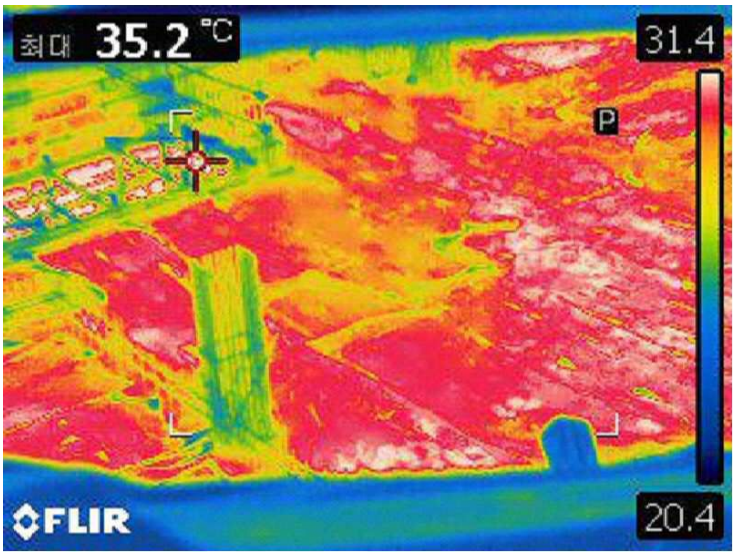
도면6b



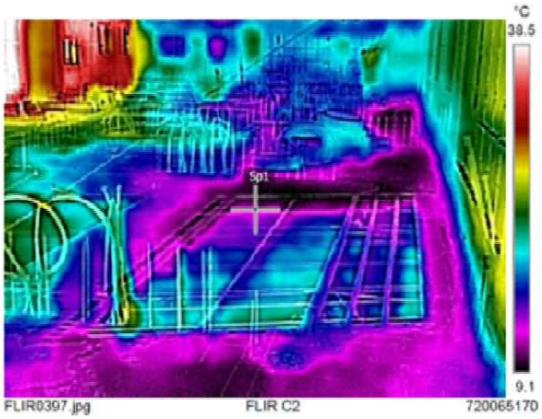
도면7a



도면7b

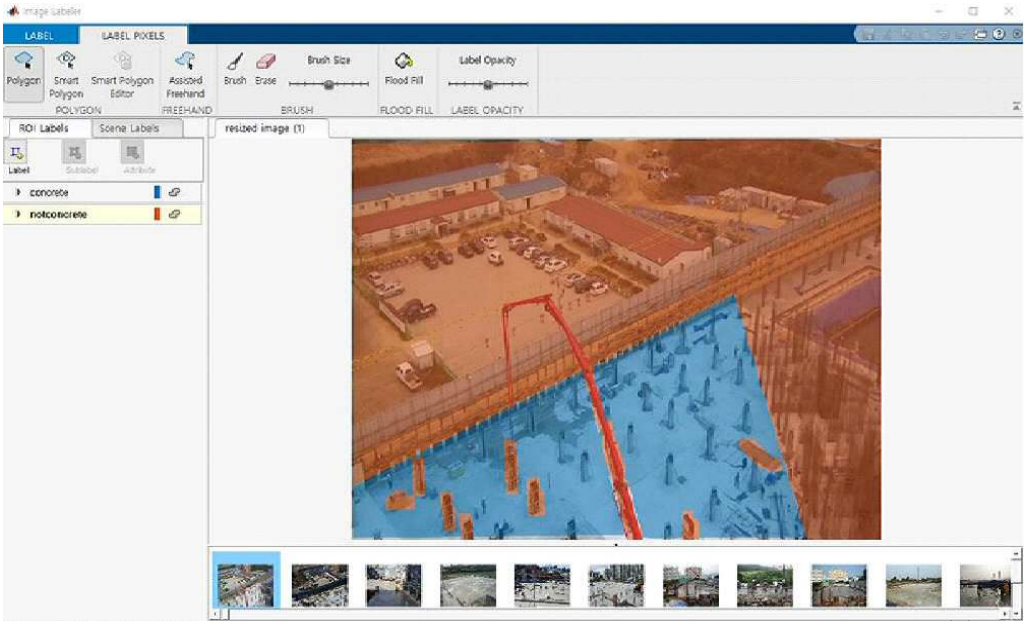


도면8

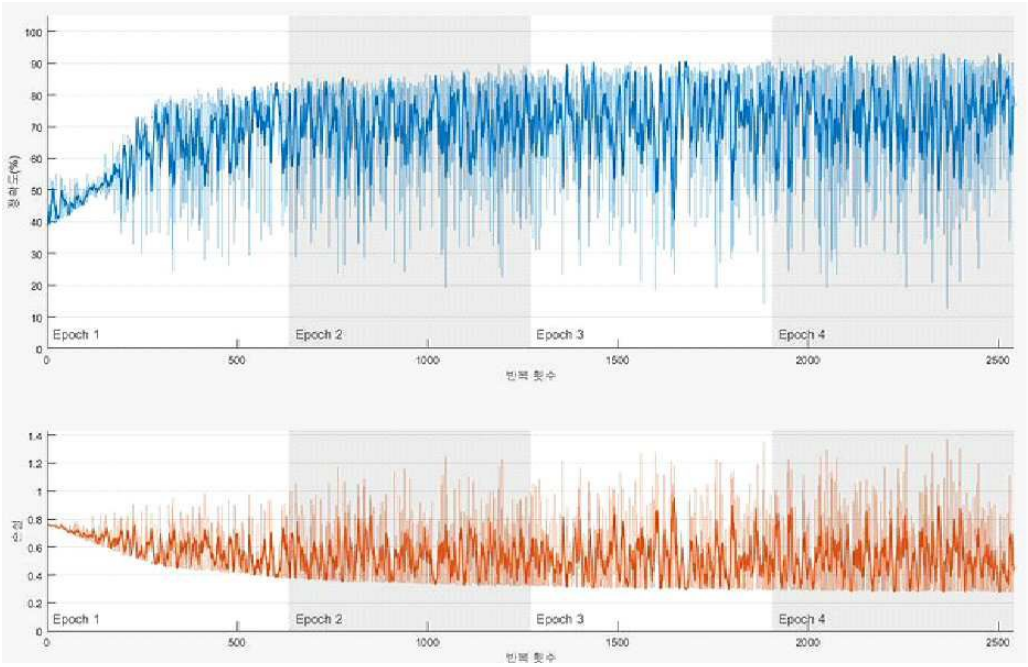

°C
39.5
Sp1
9.1
FLIR0397.jpg
FLIR C2
720065170


FLIR0397.jpg
FLIR C2
720065170

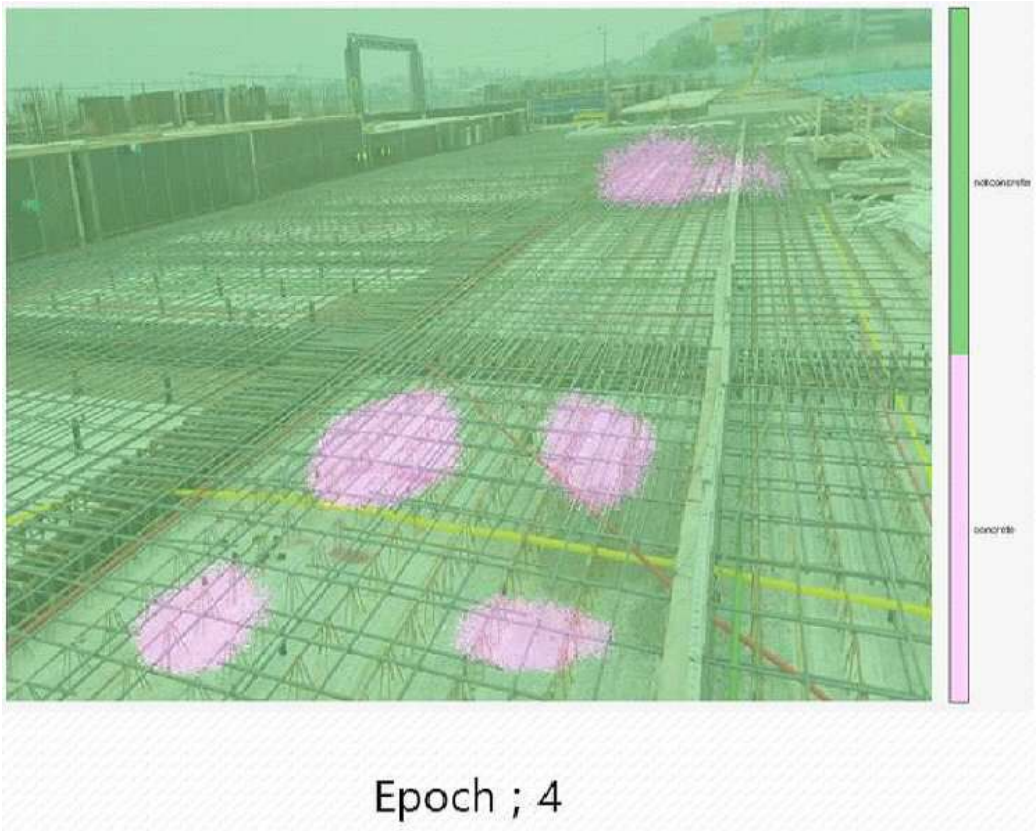
도면9


LABEL
LABEL PIXELS
Polygon
Smart Polygon
Smart Polygon Editor
Assisted Freehand
POLYGON
FREEHAND
Brush
Erase
Brush Size
BRUSH
Flood Fill
FLOOD FILL
Label Opacity
LABEL OPACITY
ROI Labels
Scene Labels
Label
Sublabel
Attribute
concrete
notconcrete
resized image (1)

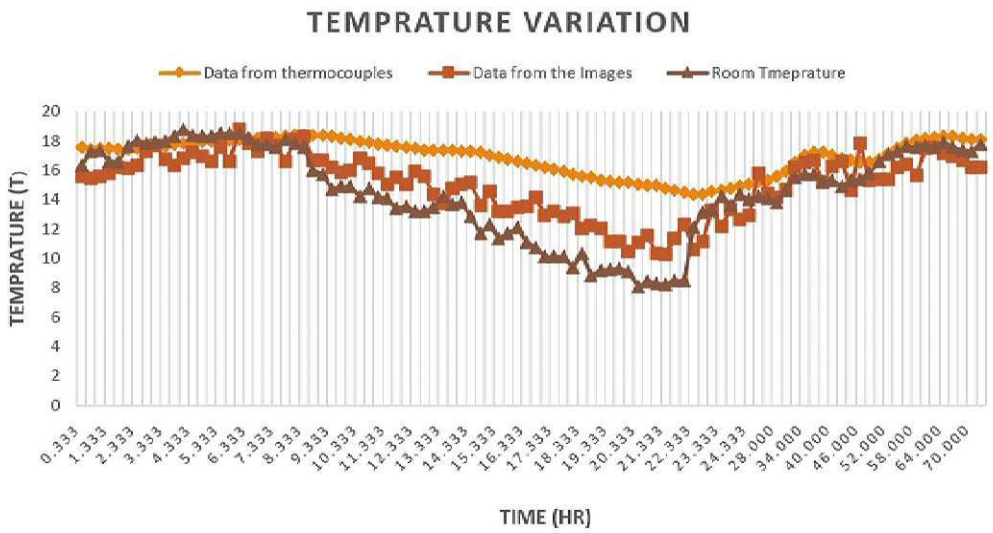
도면10


정확도(%)
Epoch 1
Epoch 2
Epoch 3
Epoch 4
반복 횟수
손실
Epoch 1
Epoch 2
Epoch 3
Epoch 4
반복 횟수

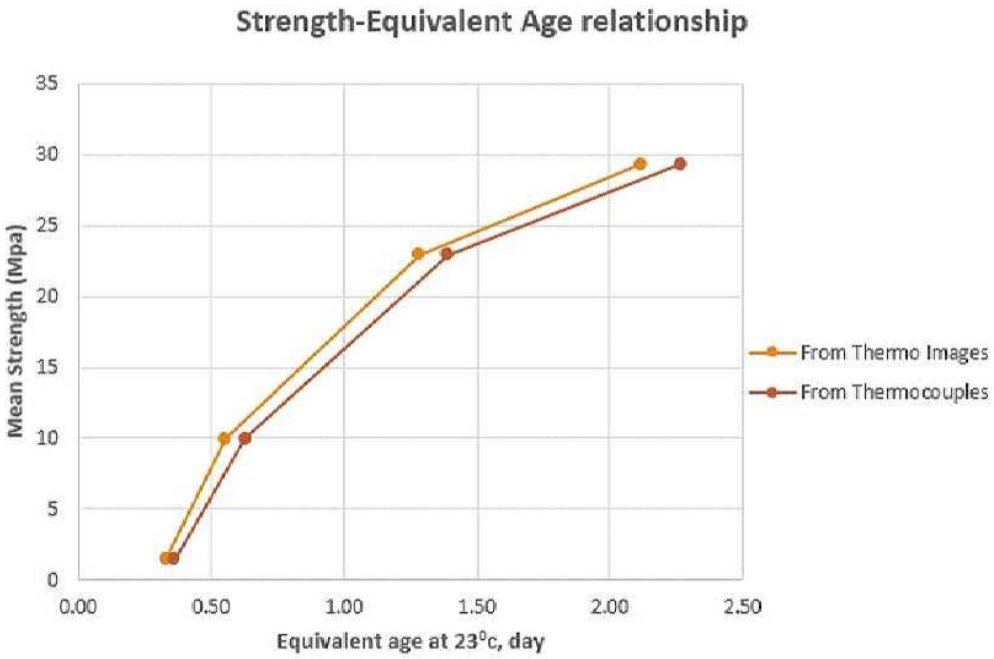
도면11


Epoch ; 4

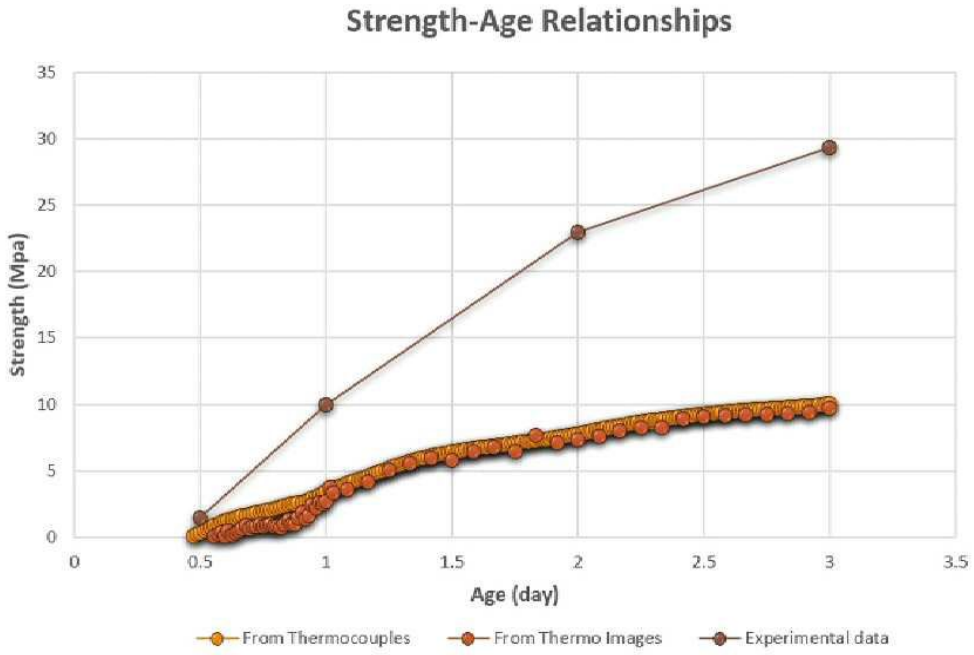
도면12


TEMPRATURE VARIATION
Data from thermocouples
Data from the Images
Room Tmeprature
TEMPRATURE (T)
TIME (HR)

도면13


Strength-Equivalent Age relationship
Mean Strength (Mpa)
Equivalent age at 23°c, day
From Thermo Images
From Thermocouples

도면14


Strength-Age Relationships
Strength (Mpa)
35
30
25
20
15
10
5
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
Age (day)
From Thermocouples
From Thermo Images
Experimental data