



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0051447
(43) 공개일자 2022년04월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 30/20 (2020.01) G01J 5/00 (2022.01)
G01J 5/60 (2006.01) G01N 21/88 (2006.01)
G01W 1/02 (2022.01) G06F 30/13 (2020.01)
G06T 7/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G06F 30/20 (2020.01)
G01J 5/60 (2022.01)

(21) 출원번호 10-2020-0134866

(22) 출원일자 2020년10월19일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

김의중

인천광역시 동구 송현로 39, 202동 1502호(송현동, 솔빛마을 주공2차아파트)

최재술

경기도 화성시 동탄반석로 232, 136동 2401호(석우동, 동탄에당마을 신일유토빌)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 열화상 촬영 이미지를 이용하여 고속으로 창호 시공부위의 하자를 평가하는 방법

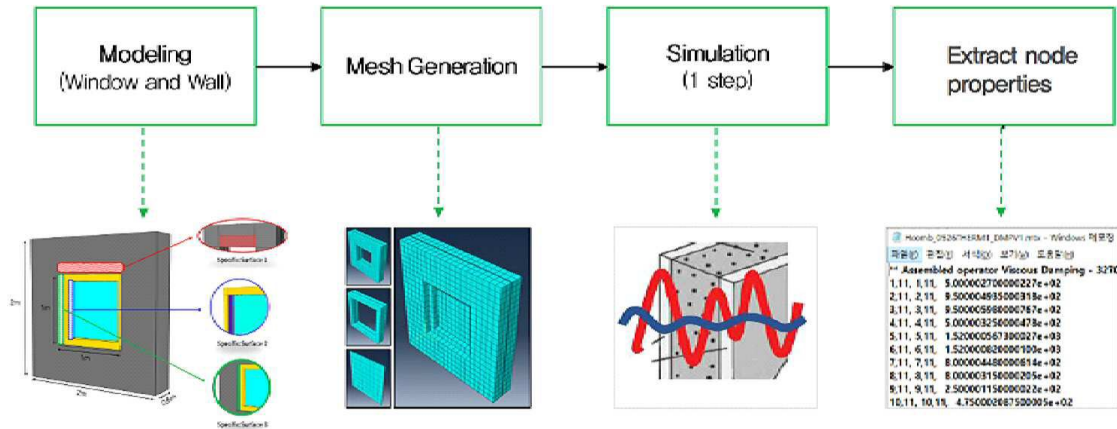
(57) 요약

본 발명은 열화상 촬영 이미지를 이용하여 고속으로 창호 시공부위의 하자를 평가하는 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 시공이 완료된 창호를 기설정된 조건 및 측정항목에 따라 측정하여 생성된 실측데이터와, 열화상 카메라를 이용하여 상기 시공이 완료된 창호의 시공부위가 촬영된 열화상 이미지를 각각 입력받는 단계; 상

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



기 열화상 이미지를 복수의 메쉬로 구분하는 단계; 시뮬레이션 프로그램에 상기 창호의 설계도면 정보와 상기 실측데이터를 입력하여 복수의 메쉬로 구분된 열화상 이미지에 대한 제1 물성치를 도출하는 단계; 상기 시뮬레이션 열화상 이미지가 상기 입력된 열화상 이미지와 가장 유사해질 때까지 물성치를 조절하여 가장 유사해졌을 때의 제2 물성치를 도출하는 단계; 상기 시뮬레이션 프로그램에 상기 창호의 설계도면 정보가 입력되어 시뮬레이션 결과를 도출하되, 상기 제1 물성치에 대한 값과 제2 물성치에 대한 값을 각각 도출하는 단계; 및 상기 제1 물성치와 제2 물성치를 비교하여 상기 창호의 시공 하자 여부를 판단하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 시공이 완료된 상태의 창호를 열화상 카메라로 촬영한 열화상 이미지에 MOR(Model order reduction) 기법을 적용함으로써, 고속으로 창호의 시공 하자 여부를 판단할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01N 21/8851 (2013.01)

G01W 1/02 (2022.01)

G06F 30/13 (2020.01)

G06T 7/0002 (2013.01)

G01J 2005/0077 (2013.01)

G01N 2021/8887 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615011385
과제번호	152248
부처명	국토교통과학기술진흥원
과제관리(전문)기관명	준정부기관
연구사업명	국토교통기술촉진연구사업
연구과제명	열화상 해석을 위한 3차원 수치모델 개발 및 수치 재연성(2차년도)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

고속으로 창호 시공부위의 하자를 평가하는 방법에 있어서,

시공이 완료된 창호를 기설정된 조건 및 측정항목에 따라 측정하여 생성된 실측데이터와, 열화상 카메라를 이용하여 상기 시공이 완료된 창호의 시공부위가 촬영된 열화상 이미지를 각각 입력받는 단계;

상기 열화상 이미지를 복수의 메쉬로 구분하는 단계;

시뮬레이션 프로그램에 상기 창호의 설계도면 정보와 상기 실측데이터를 입력하여 복수의 메쉬로 구분된 열화상 이미지에 대한 제1 물성치를 도출하는 단계;

상기 시뮬레이션 열화상 이미지가 상기 입력된 열화상 이미지와 가장 유사해질 때까지 물성치를 조절하여 가장 유사해졌을 때의 제2 물성치를 도출하는 단계;

상기 시뮬레이션 프로그램에 상기 창호의 설계도면 정보가 입력되어 시뮬레이션 결과를 도출하되, 상기 제1 물성치에 대한 값과 제2 물성치에 대한 값을 각각 도출하는 단계; 및

상기 제1 물성치와 제2 물성치를 비교하여 상기 창호의 시공 하자 여부를 판단하는 단계를 포함하는 하자 평가 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 열화상 이미지에 대한 제1 물성치를 도출하는 단계는,

상기 복수의 메쉬로 구분된 열화상 이미지에 MOR(Model order reduction) 기법을 적용하여 제1 물성치를 도출하는 하자 평가 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 물성치는 상기 부재의 열전도율, 비열, 밀도 중 적어도 하나를 포함하는 하자 평가 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 각각 입력받는 단계는,

설정기간 동안 실내 온도를 일정하게 유지시켜 실내의 온습도가 일정하게 유지되었을때의 실내외 온도 및 습도가 포함된 실측데이터와, 해당 시점에 상기 창호 시공 부위를 열화상 카메라를 통해 촬영한 열화상 이미지를 입력받는 고속 하자 평가 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 시뮬레이션 프로그램은,

상기 설계도면 정보를 입력받아 모델링하고, 모델링된 부재의 열 성능을 입력받아 열전도율, 총 열류량 및 선형 열교계수를 도출하는 하자 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 열화상 촬영 이미지를 이용하여 고속으로 창호 시공부위의 하자를 평가하는 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 시뮬레이션을 통해 시공이 완료된 창호의 열 성능을 정량적으로 산출하여 고속으로 시공 하자 여부를 평가하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 창호 시공부위에 하자가 발생할 경우 열교가 나타나는데, 여기서 열교(Thermal Bridge)란 건물의 특정 부위의 단열이 취약하거나 끊김으로 인해 주변보다 더 많은 열이 손실되는 것을 의미한다.

[0003] 창호 시공부위 주변의 열교로 인하여 발생하는 대표적인 문제는 결로와 열손실이 있다. 이러한 결로와 열손실은 거주자의 생활과 직접적으로 연관이 됨에 따라 창 주변 열교의 방지는 쾌적한 주거환경 조성과 에너지 절감을 위해 주거 분야에서 가장 시급하게 해결되어야 하는 문제이다.

[0004] 실제로 하자심사 분쟁조정위원회에 신청된 하자분쟁의 주요 유형 중 창호 시공과 관련된 하자 유형의 비중은 결로가 18%, 창호 등 기능 불량 10%, 균열 및 누수가 15%로 높은 비중을 보이고 있다. 또한 2010년부터 2013년까지 한국토지주택공사 공동주택에서 발생한 하자 47,786건 중 창호 관련 하자는 5,782건으로 나타났으며 이는 전체 하자 중 12%에 달하며, 하자 중에서 창호 시공 관련 하자가 가장 높은 비중을 차지하고 있다.

[0005] 국내의 하자 판정 기준으로는 '공동주택 하자의 조사, 보수비용 산정 및 하자판정기준'이 있다. 해당 기준에 따르면 결로는 육안조사와 열화상 카메라로 측정한 결과를 활용하여 하자를 판정한다. 그러나 이와 같은 정성적인 분석은 평가자의 경험에 의존하고, 주관적 판단이 개입되므로 하자를 객관적으로 판정하기 어려운 문제점이 있다.

[0006] 창호에서 발생하는 문제의 정량적인 분석은 전열해석 프로그램(WINDOW/THERM, Physibel 등)을 활용하여 열교계수를 도출함으로써 가능하다. 최근 국내에서는 복잡한 열교계수 도출 과정을 단순화 할 수 있는 방법을 '건축물 에너지절약 설계기준'에 포함하나 두 방법 모두 설계 도면을 기반으로 분석하기 때문에, 시공시 발생한 하자를 평가하기는 어려운 문제점이 있다.

[0007] 건물에 창호를 시공하는데 있어 주의해야 할 사항은 기밀하고 단열성능 우수하도록 하는 것으로, 완성품 형태의 창호가 건물에 접합되는 형태로 시공되기 때문에 접합 시 발생하는 틈을 어떻게 시공하느냐가 건물의 성능에 영향을 주게 된다.

[0008] 여기서 창호를 건물에 접합하는 시공 과정을 설명하자면, 먼저 창호 내부측에 기밀 성능 확보를 위한 방습지를 부착하고, 창호를 설치 위치에 배치하여 쉼터를 박아 수평 및 수직을 조절한다. 그 다음 설치 위치에 앵커 구멍을 타공하여 창호 전용 앵커로 접합 시공한 후 쉼터를 제거한다. 이때, 실내측에서는 건물과 창호 접합부의 틈을 메우기 위해 접합부 틈에 우레탄폼, 미네랄 울, 팽창형 밴드 등과 같은 단열 재료를 사용하여 틈새를 메우고 테이프로 접착하며, 실외측에서는 창호틀 위에 투습방수지를 부착한 후 단열 재료를 이용하여 충전하고, 단열 재료가 벽에 밀착되도록 테이프 시공 끝으로 마무리된다.

[0009] 이와 같은 단열 재료는 뽐칠 후 부피가 증가하여 건축물의 틈새를 메우는 기능을 하나 자외선(UV)과 습기에 약하므로 시공 후 마감 및 단열 재료의 관리가 중요하다. 이는 시공자의 재료관리 능력과 시공능력에 따라 창호 접합부의 열성능이 변화할 수 있음을 의미하며 열성능이 저하되었을 때에는 열교 및 결로가 발생할 가능성이 매우 크다.

[0010] 그러나 상기와 같이 시공이 완료된 시점에서 변화된 열 성능에 대하여 정량적으로 판단할 기준이 현재까지는 존재하지 않고, 전열 해석을 통한 판단 역시 도면 정보를 바탕으로 하기 때문에 부재가 완벽하게 접합되지 않은 상태에서는 정확하게 판단할 수 없는 문제점이 있다.

[0011] 특히, 기존의 방법에 따르면 시뮬레이션을 통해 부재의 물성치를 구하는 과정에서 속도가 매우 지연되는 문제점이 있다.

[0012] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 등록특허공보 제10-1700865호(2017. 02. 02. 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 시뮬레이션을 통해 시공이 완료된 창호의 열 성능을 정량적으로 산출하여 고속으로 시공 하자 여부를 평가하기 위한 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 고속으로 창호 시공부위의 하자를 평가하는 방법에 있어서, 시공이 완료된 창호를 기설정된 조건 및 측정항목에 따라 측정하여 생성된 실측데이터와, 열화상 카메라를 이용하여 상기 시공이 완료된 창호의 시공부위가 촬영된 열화상 이미지를 각각 입력받는 단계; 상기 열화상 이미지를 복수의 메쉬로 구분하는 단계; 시뮬레이션 프로그램에 상기 창호의 설계도면 정보와 상기 실측데이터를 입력하여 복수의 메쉬로 구분된 열화상 이미지에 대한 제1 물성치를 도출하는 단계; 상기 시뮬레이션 열화상 이미지가 상기 입력된 열화상 이미지와 가장 유사해질 때까지 물성치를 조절하여 가장 유사해졌을 때의 제2 물성치를 도출하는 단계; 상기 시뮬레이션 프로그램에 상기 창호의 설계도면 정보가 입력되어 시뮬레이션 결과를 도출하되, 상기 제1 물성치에 대한 값과 제2 물성치에 대한 값을 각각 도출하는 단계; 및 상기 제1 물성치와 제2 물성치를 비교하여 상기 창호의 시공 하자 여부를 판단하는 단계를 포함한다.
- [0015] 상기 열화상 이미지에 대한 제1 물성치를 도출하는 단계는, 상기 복수의 메쉬로 구분된 열화상 이미지에 MOR(Model order reduction) 기법을 적용하여 제1 물성치를 도출할 수 있다.
- [0016] 상기 물성치는 상기 부재의 열전도율, 비열, 밀도 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 각각 입력받는 단계는, 설정기간 동안 실내 온도를 일정하게 유지시켜 실내의 습도가 일정하게 유지되었을때의 실내의 온도 및 습도가 포함된 실측데이터와, 해당 시점에 상기 창호 시공 부위를 열화상 카메라를 통해 촬영한 열화상 이미지를 입력받을 수 있다.
- [0018] 상기 시뮬레이션 프로그램은, 상기 설계도면 정보를 입력받아 모델링하고, 모델링된 부재의 열 성능을 입력받아 열전도율, 총 열류량 및 선형열교계수를 도출할 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 이와 같이 본 발명에 따르면, 시공이 완료된 상태의 창호를 열화상 카메라로 촬영한 열화상 이미지에 MOR(Model order reduction) 기법을 적용함으로써, 고속으로 창호의 시공 하자 여부를 판단하고, 시공 하자시 정량적인 수치 근거를 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0020] 또한 본 발명에 따르면, 창호 시공이 완료된 후 시공 하자 여부를 빠르고 정확하게 확인할 수 있어 창호 시공 품질을 향상시킬 수 있고, 건축 분야 수치모델의 고도화를 달성할 수 있으며, 창호 시공 하자로 인한 분쟁을 감소시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0021] 또한 본 발명에 따르면, 창호 재시공으로 인한 비용을 절감시킬 수 있으며, 열교로 인한 에너지 비용을 절감시킬 수 있는 동시에 쾌적한 주거 환경 조성이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 열화상 촬영 이미지를 이용한 창호 시공부위 하자 평가 장치를 나타낸 블록구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 열화상 촬영 이미지를 이용한 창호 시공부위 하자 평가 방법의 동작 흐름을 도시한 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 고속 하자 평가 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4은 도 2의 S210 단계 내지 S230 단계를 설명하기 위한 참고도면이다.
- 도 5는 도 2의 S240 단계를 설명하기 위한 참고도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.

- [0024] 또한 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0025] 먼저, 도 1을 통해 본 발명의 실시예에 따른 열화상 촬영 이미지를 이용한 창호 시공부위 하자 평가 장치에 대하여 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 열화상 촬영 이미지를 이용한 창호 시공부위 하자 평가 장치를 나타낸 블록구성도이다.
- [0027] 도 1에서와 같이 본 발명의 실시예에 따른 열화상 촬영 이미지를 이용한 창호 시공부위 하자 평가 장치(100)는, 입력부(110), 시뮬레이션부(120) 및 판단부(130)를 포함한다.
- [0028] 먼저 입력부(110)는 시공이 완료된 창호를 기설정된 조건 및 측정항목에 따라 측정하여 생성된 실측데이터와, 열화상 카메라(200)를 이용하여 시공이 완료된 창호의 시공부위가 촬영된 열화상 이미지를 각각 입력받는다.
- [0029] 자세히는, 시공 완료된 상태에서 벽체 및 창호는 변화하는 실내외 온도, 일사에 노출되어 열류가 흐르는 속도와 양이 변화한다. 또한 벽체 및 창호가 축열 또는 축냉하는 정도가 변화한다. 이러한 상태를 비정상상태(Unsteady state)라고 하며 비정상상태의 시공 완료된 창호를 시뮬레이션으로 구현하기 위해서는 실측데이터가 필요하다. 따라서 시뮬레이션 입력값을 위한 실측데이터를 확보하기 위해 다음과 같이 기 설정된 조건하에서 실측데이터를 측정하는 것이 바람직하다.
- [0030] 먼저, 기 설정된 조건 및 측정항목은 다음의 표 1과 같으며 실측 기간은 3일로 설정되었다고 가정했을 때, 측정 1~2일차 실내를 냉방 또는 난방하여 일정한 온도로 유지시킨다. 그리고 측정 3일차 역시 냉난방을 유지하나 3일차부터 열화상 카메라(200)를 이용하여 창호 시공부위를 촬영한다.

표 1

측정항목	측정 1일차	측정 2일차	측정 3일차
	실내 온도 및 습도	실내 온도 및 습도	실내 온도 및 습도
	실외 온도 및 습도	실외 온도 및 습도	실외 온도 및 습도
	일사량	일사량	일사량
실내 냉난방	0	0	0
열화상 촬영	X	X	0

- [0031] 이때, 3일차에서만 열화상 촬영을 하는 이유는 벽체 및 창호의 실내측 영역이 정상상태와 유사하다고 판단될 정도로 충분한 축냉 또는 축열상태를 유지하는 준정상상태(Quasi-steady state)로 유지하였을 때 촬영된 열화상 이미지의 재연성 확보의 가능성 및 보통 임의의 값으로 설정하는 벽체 내부절점의 시뮬레이션 초기 온도의 영향이 줄어드는 시점이므로 벽체 열성능 확인의 정확도가 가장 높아지기 때문이다.
- [0032] 따라서 입력부(110)는 설정기간 동안 실내 온도를 일정하게 유지시켜 실내의 온습도가 일정하게 유지되었을때의 실내외 온도 및 습도가 포함된 실측데이터와, 해당 시점에 창호 시공 부위를 열화상 카메라(200)를 통해 촬영한 열화상 이미지를 입력받는 것이 가장 바람직하다.
- [0033] 그리고 시뮬레이션부(120)는 시뮬레이션 프로그램에 창호의 설계도면 정보와 실측데이터가 입력되어 시뮬레이션 열화상 이미지와 제1 열전도율을 도출하고, 시뮬레이션 열화상 이미지가 입력된 열화상 이미지의 형상과 가장 유사해질 때까지 열전도율을 조절하여 가장 유사해졌을 때의 제2 열전도율을 도출한다.
- [0034] 자세히는, 시뮬레이션 열화상 이미지의 주변 온도값 평균이 입력된 열화상 이미지의 주변 온도값 평균에 가장 유사해질 때까지 열전도율을 조절하여 제2 열전도율을 도출하는 것이 바람직하다. 즉 창호 주변 온도값의 평균을 통해 두 이미지간 유사도를 판단할 수 있다.
- [0035] 또한, 컴퓨터에 현실 속 사물의 쌍둥이를 만들고, 현실에서 발생할 수 있는 상황을 컴퓨터로 시뮬레이션함으로써 결과를 미리 예측하는 기술인 디지털 트윈(digital twin)을 이용하여 현실 속 열화상과 동일한 수치모델을 생성함으로써 제2 열전도율을 도출할 수도 있다.
- [0036] 이때, 시뮬레이션 프로그램은 설계도면 정보를 입력받아 모델링하고, 모델링된 부재의 열 성능을 입력받아 열전도율, 총 열류량 및 선형열교계수를 도출하도록 선형열교계수식이 기 적용되어 있는 프로그램으로, 도면상의 부

재를 모델링하고 물성치를 입력한 뒤, 실내외 온도 입력을 통해 간단하게 결과를 도출하는 방식이 적용될 수도 있다.

- [0038] 이때, 제1 열전도율은 건축 설계 도면에 포함된 창호의 설계도면 정보와, 입력부(110)로부터 입력된 실측데이터를 입력값으로 하여 3차원 시뮬레이션한 결과에 따른 열전도율이고, 제2 열전도율은 시공이 완료된 창호의 접합부에 대한 실제 열전도율이다.
- [0039] 또한, 시뮬레이션부(120)는 시뮬레이션 프로그램에 창호의 설계도면 정보가 입력되어 시뮬레이션 결과를 도출하되, 제1 열전도율에 대한 총 열류량 및 선형열교계수와, 제2 열전도율에 대한 총 열류량 및 선형열교계수를 각각 도출한다.
- [0040] 마지막으로 판단부(130)는 시뮬레이션부(120)로부터 도출된 각각의 선형열교계수를 비교하여 창호의 시공 하자 여부를 판단한다.
- [0041] 자세히는 제2 열전도율에 대한 선형열교계수를 제1 열전도율에 대한 선형열교계수로 나눈 값을 통해 창호의 성능 정도를 판단하고, 판단 결과에 따라 창호의 시공 하자 여부를 판단한다.
- [0042] 이하에서는 도 2 내지 도 5를 통해 본 발명의 실시예에 따른 열화상 촬영 이미지를 이용한 창호 시공부위 하자 평가 방법에 대하여 설명한다.
- [0043] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 열화상 촬영 이미지를 이용한 창호 시공부위 하자 평가 방법의 동작 흐름을 도시한 순서도로서, 이를 참조하여 본 발명의 구체적인 동작을 설명한다.
- [0044] 이하에서는, 발명 설명의 편의상 부재의 물성 중 열전도율을 예시적으로 적용하여 설명하였으나, 열전도율 이외에도 비열, 밀도 등을 포함할 수 있다.
- [0045] 본 발명의 실시예에 따르면, 도 2 및 도 3에 나타난 것처럼, 먼저 입력부(110)가 시공이 완료된 창호를 기설정된 조건 및 측정항목에 따라 측정하여 생성된 실측데이터와, 열화상 카메라(200)를 이용하여 시공이 완료된 창호의 시공부위가 촬영된 열화상 이미지를 각각 입력받는다(S210).
- [0046] 자세히는, 입력부(110)가 설정기간 동안 실내 온도를 일정하게 유지시켜 실내의 온습도가 일정하게 유지되었을 때의 실내외 온도 및 습도가 포함된 실측데이터와, 해당 시점에 상기 창호 시공 부위를 열화상 카메라(200)를 통해 촬영한 열화상 이미지를 입력받는다.
- [0047] 그 다음 시뮬레이션부(120)는 열화상 이미지를 복수의 메쉬로 구분하고, 시뮬레이션 프로그램에 창호의 설계도면 정보와 실측데이터가 입력되면, 복수이 메쉬로 구분된 시뮬레이션 열화상 이미지와 제1 열전도율을 도출한다(S220).
- [0048] 이때, 제1 열전도율은 3차원 시뮬레이션 결과에 따른 열전도율이다.
- [0049] 또한, 시뮬레이션 프로그램은 설계도면 정보를 입력받아 모델링하고, 모델링된 부재의 열 성능을 입력받아 열전도율, 총 열류량 및 선형열교계수를 도출하도록 선형열교계수식이 기 적용되어 있는 프로그램으로, 도면상의 부재를 모델링하고 물성치를 입력한 뒤, 실내외 온도 입력을 통해 간단하게 결과를 도출하는 방식이 적용될 수도 있다.
- [0050] 특히, 본 발명의 실시예에 따르면, 복수의 메쉬로 구분된 열화상 이미지에 MOR(Model order reduction) 기법을 적용하여 제1 물성치를 도출할 수 있다.
- [0051] 그 다음 시뮬레이션부(120)가 시뮬레이션 열화상 이미지가 S210단계에서 입력된 열화상 이미지와 가장 유사해질 때까지 열전도율을 조절하여 가장 유사해졌을 때의 제2 열전도율을 도출한다(S230).
- [0052] 자세히는, S220 단계에서 시뮬레이션된 열화상 이미지의 주변 온도값 평균이 S210 단계에서 입력된 열화상 이미지의 주변 온도값 평균에 가장 유사해질 때까지 열전도율을 조절하여 제2 열전도율을 도출하는 것이 가장 바람직하다.
- [0053] 따라서, 제2 열전도율은 시공이 완료된 창호의 접합부에 대한 실제 열전도율이다.
- [0054] 도 4은 도 2의 S210 단계 내지 S230 단계를 설명하기 위한 참고도면이다.
- [0055] 도 4의 (a)는 S210 단계에서 입력받은 열화상 카메라(200)를 이용하여 시공이 완료된 창호의 시공부위가 촬영된 열화상 이미지의 예시이고, 도 4의 (b)는 S220 단계에서 시뮬레이션된 열화상 이미지의 예시이며, 도 4의 (c)는

도 4의 (a)에 예시된 이미지와 도 4의 (b)에 예시된 이미지를 매칭하기 위한 예시이다.

[0056] 도 4의 (c)와 같이 매칭하기 위하여 열전도율 K를 조절하기 위한 방법으로 최적화 방법을 이용할 수도 있는데, PSO(Particle Swarm Optimization)알고리즘, 데이터 생성을 통한 학습모델 등을 이용할 수도 있다.

[0057] 즉, 도 4의 (c)에서는 도 4의 (b)의 열전도율 K를 낮춰가며 도 4 (b)의 이미지가 도 4 (a)와 가장 유사해질때까지 물성치를 조절하는 것이다.

[0058] 그 다음 시뮬레이션부(120)가 시뮬레이션 프로그램에 창호의 설계도면 정보가 입력되어 시뮬레이션 결과를 도출하되, 제1 열전도율에 대한 총 열류량 및 선형열교계수와, 제2 열전도율에 대한 총 열류량 및 선형열교계수를 각각 도출한다(S240).

[0059] 창호와 벽체 접합부 시공이 완료된 시점에서 열 성능을 평가하기 위해서는 열교(Thermal bridge, Cold bridge, Heat bridge)의 영향을 확인하는 것이 명확하다. 이러한 열교는 주변 재료보다 열전도성이 높고 열전달에 대한 저항이 가장 작은 경로를 만드는 물체의 영역 또는 구성요소이다. 예를들어 겨울철에 건축물의 어느 한 부분의 단열이 약화되거나 꿇김으로 인해 외기의 영향이 실내로 유입되는 데 어려움이 줄어드는 것이다.

[0060] 열교는 대표적으로 세 가지 종류로 나뉜다. 건물의 코너, 천정과 벽면 접합부위와 같이 꺾임 부위에서 발생하는 구조체 열교(Construction thermal bridge), 모서리 접합부, 외부 벽이 바닥과 연결되거나 외벽에 설치된 창 또는 문과 같이 서로 다른 부재의 접합에서 발생하는 선형열교(Linear thermal bridge), 열교 중 가장 영향력이 적으나 특정 부위에서 발생하는 점형열교(Point thermal bridge)가 있다.

[0061] 선형열관류율(linear thermal transmittance)은 선형열교에서 발생하는 정상상태(Steady state)의 열류를 선형 열교의 길이와 실내의 온도차로 나눈 값을 의미하며, 창호 프레임과 같은 열교 부위의 단열성능을 평가할 때 쓰이는 값으로 선형열교계수 ψ (psi)로 표기되며 단위는 W/m·K를 사용한다. 선형열관류율은 다음의 수학적식 1 및 2를 통해 도출할 수 있다.

[0062] 먼저, 총 열류량은 다음의 수학적식 1을 이용하여 도출할 수 있다.

수학적식 1

$$\Phi_T = (\sum U_i A_i + \sum \Psi_j l_j + \sum \chi_k) (\theta_i - \theta_o) (W)$$

[0063]

[0064] 여기서, Φ_T 는 총 열류량(단위는, W), U_i 는 각 부재의 열 성능(단위는 W/m²·K), A_i 는 각 부재의 면적(단위는, m²), Ψ_j 는 선형열교계수(단위는 W/m·K), l_j 는 Ψ_j 값을 갖는 선형열교의 길이, χ_k 는 점형열교계수(단위는, W/K), θ_i 는 실내온도, θ_o 는 실외온도이다.

[0065] 이때, 점형열교계수는 영향력이 거의 없어 일반적으로 무시 가능하다.

[0066] 또한, 선형열교계수는 다음의 수학적식 2를 이용하여 도출할 수 있다.

수학적식 2

$$\psi = (\frac{\Phi_T}{\theta_i - \theta_o} - \sum U_i A_i) \frac{1}{l} (W/m \cdot K)$$

[0067]

[0068] 여기서, Ψ 는 선형열교계수, l 은 Ψ 값을 갖는 선형열교의 길이이다.

[0069] 위 수학적식 1은 ISO 10211의 구조체를 통하는 열류에 대한 식으로 열은 '면', '선', '점'을 통해 발생한다. 또한 수학적식 2는 선형열관류율에 관한 식으로 수학적식 1에서 점을 통한 열류를 무시할 때, 단위 길이의 선형열교에 대해 실내외 온도차가 1K일 때 구조체를 통한 총 열류에서 면을 통해 전달되는 1차원 열류를 뺀 값이다.

[0070] 도 5는 도 2의 S240 단계를 설명하기 위한 참고도면이다.

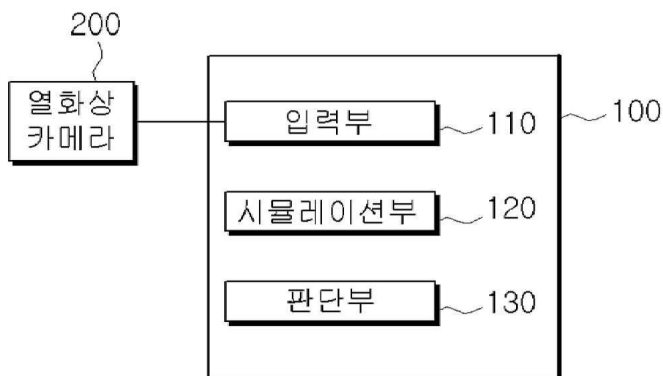
- [0071] 도 5의 (a)는 창호의 설계도면 정보를 나타낸 것이고, 도 5의 (b)는 시뮬레이션 프로그램에 도 5의 (a)를 입력하여 총 열류량을 도출하는 과정을 나타낸 것이며, 도 5의 (c)는 실내외온도를 입력받아 선형열교계수를 도출하는 과정을 나타낸 것이다.
- [0072] 도 5에서와 같이 S240는 선형열교계수식이 적용되어 있는 2차원 시뮬레이션 프로그램(예를들면, Physibel Trisco, THERM 등)에 도면상의 부재를 모델링하고 물성치를 입력한 뒤, 실내의 온도 입력을 통해 간단하게 결과를 도출하는 방식으로 수학적 1 및 2를 이용하여 제1 열전도율에 대한 총 열류량 및 선형열교계수와, 제2 열전도율에 대한 총 열류량 및 선형열교계수를 각각 도출할 수도 있다.
- [0073] 그 다음 판단부(130)가 S240 단계에서 도출된 각각의 선형열교계수를 비교한다(S250).
- [0074] 마지막으로 판단부(130)가 S250 단계의 비교 결과에 따라 창호의 시공 하자 여부를 판단한다(S260).
- [0075] 자세히는, 제2 열전도율에 대한 선형열교계수를 제1 열전도율에 대한 선형열교계수로 나눈 값을 통해 창호의 성능 정도를 판단하고, 판단 결과에 따라 창호의 시공 하자 여부를 판단한다.
- [0076] 이때, 판단된 결과는 정량적인 수치로 제공되므로 하자 분쟁시 근거 자료로 이용될 수도 있다.
- [0077] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따르면, 시공이 완료된 상태의 창호를 열화상 카메라로 촬영한 열화상 이미지에 MOR(Model order reduction) 기법을 적용함으로써, 고속으로 창호의 시공 하자 여부를 판단하고, 시공 하자시 정량적인 수치 근거를 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0078] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 창호 시공이 완료된 후 시공 하자 여부를 빠르고 정확하게 확인할 수 있어 창호 시공 품질을 향상시킬 수 있고, 건축 분야 수치모델의 고도화를 달성할 수 있으며, 창호 시공 하자로 인한 분쟁을 감소시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0079] 또한 본 발명의 실시예에 따르면, 창호 재시공으로 인한 비용을 절감시킬 수 있으며, 열교로 인한 에너지 비용을 절감시킬 수 있는 동시에 쾌적한 주거 환경 조성이 가능한 효과가 있다.
- [0080] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

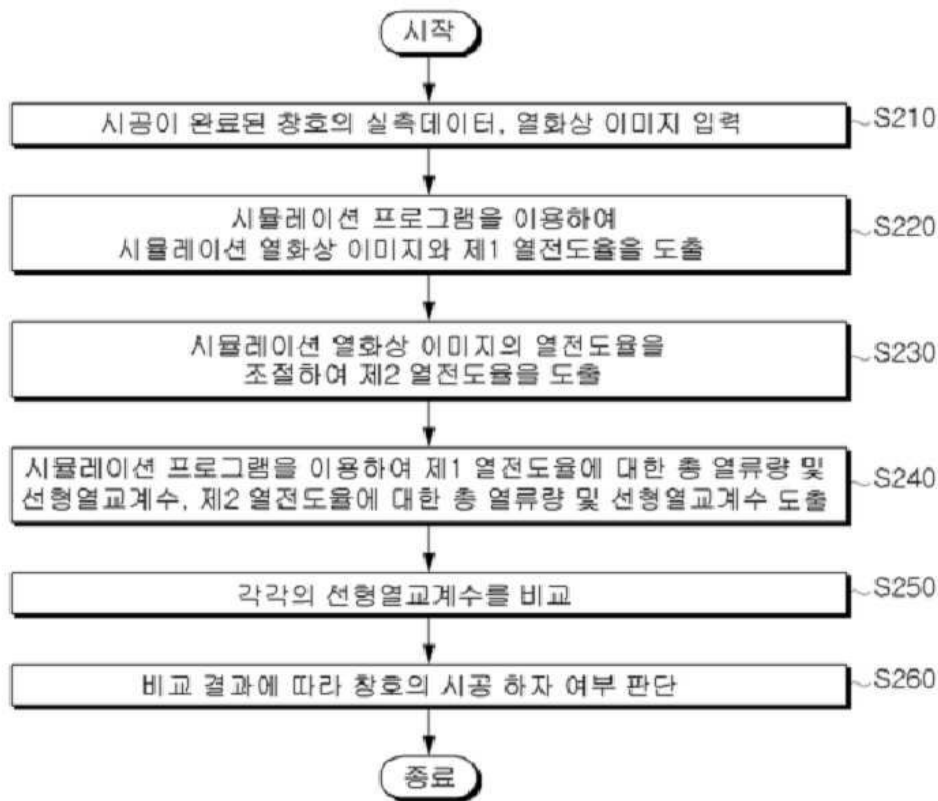
- [0081] 100 : 하자 평가 장치 110 : 입력부
120 : 시뮬레이션부 130 : 판단부
200 : 열화상 카메라

도면

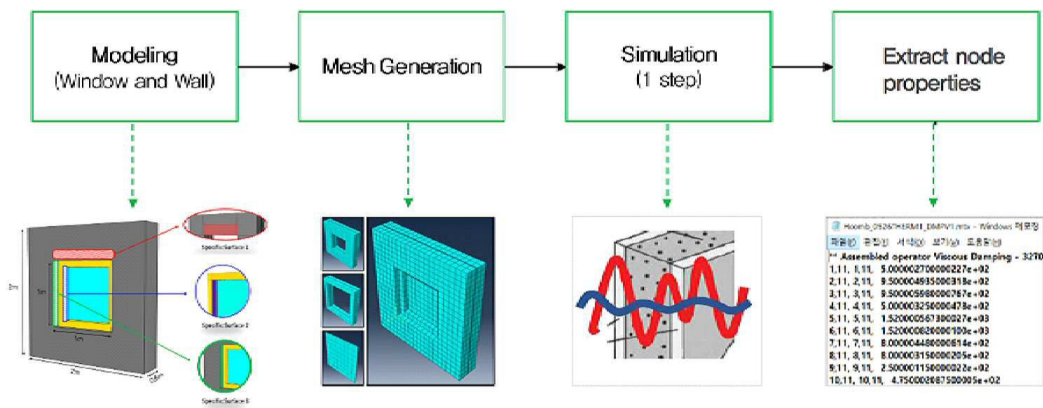
도면1



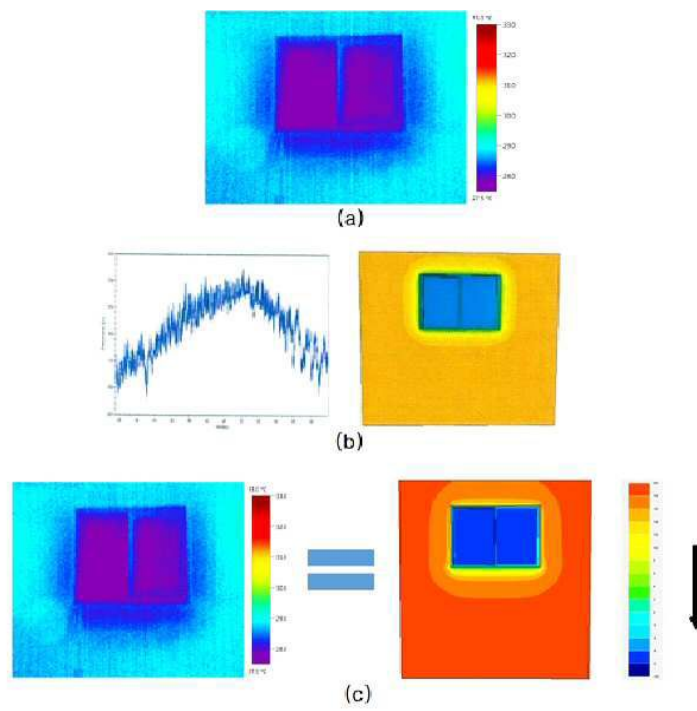
도면2



도면3



도면4



도면5

