

건물 및 재생에너지 진단용 열화상 가이드북

건물, 태양광발전소 및 풍력발전소 등의
적외선 열화상 기술 사용 안내서



	목차	페이지
	1. 열화상 카메라 및 작동 방법	8
	2. 열화상 카메라를 사용하는 이유	10
	3. 건물 진단용 열화상 카메라 사용법	14
	4. 건물 진단용 열화상의 원리	26
	5. 태양광발전 패널 검사용 열화상 카메라	32
	6. 열화상 카메라를 사용한 풍력발전기 검사	44
	7. 올바른 열화상 카메라 제작사의 선택 방법	48
	8. 최고의 솔루션 찾기	50
	9. 열화상 검사 실행 방법	62

소개

열화상 카메라가 최초로 상용화된 것은 1965년으로서, 고압 송전시설 검사용으로 개발된 것이었습니다. 이 회사가 현재의 FLIR Systems(플리어시스템)입니다.

이후 열화상 기술이 발전하면서 열화상 카메라는 디지털 비디오 카메라나 디지털 포토 카메라와 같이 콤팩트 시스템으로 진화하게 되었습니다. 이 카메라는 사용이 간편하며 실시간으로 생생한 고해상도 이미지를 생성할 수 있습니다.

건축 산업에서도 열화상 기술이 건물의 검사와 진단에 매우 훌륭한 도구가 된다는 것을 일찍부터 알고 현장에서 널리 활용하고 있습니다. 열화상 카메라는 특수한 첨단기술로 시작하여 현재는 전세계에서 수 많은 건물의 진단과 검사에 사용되고 있습니다.

열화상 카메라는 건물에서 에너지가 손실되고 있는 부분을 정확하게 찾아서 눈으로 보여주는 매우 독특한 도구입니다. 이 방법은 쉽고 빠르며, 열화상은 정확하고 신뢰성 높은 증거를 제공합니다.

열화상 카메라는 단독적으로 사용하거나 블로워 도어(Blower Door) 등 다른 방법과 함께 사용하여 건물 진단 작업을 신속 정확하게, 효과적으로 실시할 수 있도록 해줍니다. 열화상은 건물을 조금도 손상시키지 않고 에너지가 손실되고 있는 부분을 눈으로 직접 보여줍니다.



열화상 카메라는 지난 50년 동안 괄목할만한 성장을 이뤘습니다. 플리어시스템은 시장에 가장 진화된 열화상 카메라를 출시해 온 열화상 기술의 선구자입니다.

열화상 카메라는 신뢰성 높은 비파괴적 비접촉적 검사 장비로서 넓은 면적의 온도 분포를 신속 정확하게 측정할 수 있습니다. 이 서모그래피 기술은 세계적으로 많은 비용을 절감해주고 있는 첨단 기술로 등장하였습니다.

건축 산업의 적외선 열화상 기술

1970년대의 석유위기를 겪은 후 인류는 에너지 자원이 한정되어 있으며 매우 소중한 것임을 깊이 인식하게 되었습니다.

유럽의 경우 현재 건물 분야는 유럽의 전체 에너지 소비량의 40%를 차지하고 있으며, 단일 분야로서는 가장 큰 에너지 효율 향상 가능성이 있는 분야입니다. 이처럼 막대한 가능성을 인식한 유럽위원회는 건물의 에너지 효율을 일정 이상의 수준으로 규제하도록 하는 규정을 제정하였으며, 현재 대부분의 유럽국가는 이 규정을 바탕으로 법률을 제정하여 시행하고 있습니다. 현재 유럽에서는 대부분의 국가에서 신축 건물과 개수 건물에 대하여 에너지 성능 인증(Energy Performance Certificate; EPC) 제도를 의무화 하였으며 이에 따라 수 많은 건축업체들이 이 제도를 준수하고 있습니다.

최근 여러 국가에서 진행되고 있는 경기회복 정책에 따라 에너지 효율 진단을 위한 기밀시험과 각종 시험법이 더 많이 이용될 것으로 예상되고 있습니다.

장기적인 전망에서도 유럽지역의 건축물 에너지 관련 규제는 더욱 엄격해질 것으로 예상되고 있습니다. 따라서 건축업에 종사하고 있는 많은 기술자와 전문가들은 이 제도의 영향을 받게 될 것입니다.



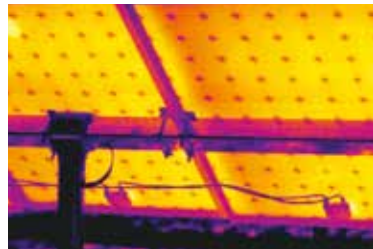
최신 열화상 카메라는 작고 가벼우며 사용이 간편합니다.

재생 에너지

석유, 가스, 석탄 등 천연 에너지 자원의 고갈로 에너지 가격이 급등하고 있습니다. 뿐만 아니라 이런 화석 연료를 사용함으로써 소중한 지구가 오염되어 가고 있습니다.

태양광 에너지

태양광 발전 패널은 태양의 에너지를 전력으로 변환시킵니다. 그리고 에너지는 곧 돈입니다. 태양광발전소에서 높은 수익을 달성하고 장기간 안정된 운영을 하기 위해서는 우수한 품질이 핵심입니다. 태양광 발전 시스템에서 핵심장치인 태양전지 모듈은 신뢰성이 있어야 하며 장기간 지속적으로 전력을 생산할 수 있어야 합니다. 태양전지 모듈의 전체 수명에 걸친 품질을 확보하는데 열화상 카메라가 중요한 역할을 하고 있습니다.



태양전지 패널의 검사와 평가에 열화상 카메라를 사용하면 많은 이점이 있습니다. 다른 검사 방법과 달리 태양전지 패널에서 이상이 있는 부분은 열화상에 선명하게 나타납니다. 또한 열화상 카메라는 태양전지를 사용하면서 검사할 수 있습니다.

화석연료 매장량이 감소함에 따라 석탄과 가스의 가격은 급등하고 있으며, 많은 사람들이 태양을 유망한 재생에너지 원으로 인정하고 있습니다. 그러나 태양전지 패널은 마모와 노후되기 쉽습니다. 현재 전세계 많은 태양광 발전소와 건물 옥상에 설치한 태양광 발전 패널을 열화상 카메라를 사용하여 검사하고 있습니다.

풍력

풍력발전은 태양광 발전과 함께 유망한 재생에너지 자원입니다. 전세계에서 풍력발전소가 속속 설치되어 전력을 공급하고 있습니다. 풍력발전 단지는 육상이나 해상에 건설됩니다.

풍력발전기는 많은 기계 및 전기 장치로 구성되어 있으며 이런 장비는 열화상 카메라로 쉽고 정확하게 검사 및 진단할 수 있습니다. 풍력발전기를 정확하게 진단하고 정비함으로써 장기간에 걸쳐 전력을 안정되게 생산할 수 있게 됩니다.



지상에서 찍은 풍력발전기의 열화상

이 책자는 열화상 카메라를 사용하여 건물, 태양전지 패널, 풍력발전기를 검사하는 방법을 자세하게 설명하고 있습니다. 열화상 카메라를 사용하여 설비를 검사할 때에는 여러 가지 주의할 점이 있습니다. 열화상 카메라의 작동 원리와 열화상을 만드는 법은 물론, 건물, 태양전지 패널, 풍력발전기 등의 열 패턴과 관련된 물리학적 이론, 그리고 열화상 카메라의 제작법 등을 이해하면 열화상 기술과 열화상 카메라를 완전하게 활용할 수 있습니다. 열화상을 정확하게 이해하고 판단하려면 이러한 기본 지식이 필요한 것입니다.

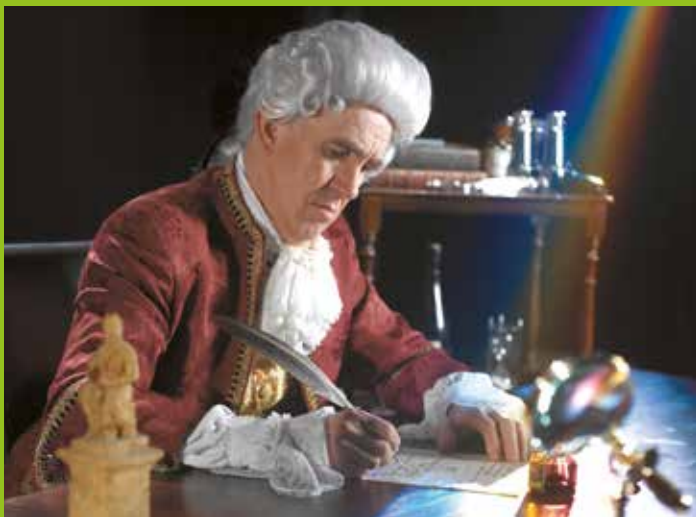
그러나 모든 용도에 대하여 그 적용되는 원리와 개념, 시스템의 사용법 등을 이 책자에서 모두 설명할 수는 없습니다. 이를 위하여 플리어 시스템에서는 건물의 검사와 진단을 위하여 설립된 적외선 교육센터(Infrared Training Center; ITC)와 공동으로 교육훈련 과정을 제공하고 있습니다.

이 책자의 주요 내용은 아래와 같습니다.

- 열화상 기술의 용도
- 열화상 카메라의 작동 원리 및 구입 시 검토 사항
- 열화상을 이용한 서모그래픽 조사에 대한 종합적인 도움말

열화상 카메라 및 작동 방법

열화상 카메라는 전자기 스펙트럼의 적외선 영역의 강도를 기록하여 이를 시각적 이미지로 변환합니다.



윌리엄 허셜경은 1800년에 적외선을 발견했습니다.

적외선이란?

우리의 눈은 가시광 스펙트럼의 전자기 방출을 감지하도록 설계된 탐지기 역할을 합니다. 적외선과 같은 다른 모든 형태의 전자기 방출은 인간의 눈에 보이지 않습니다.

적외선의 존재는 1800년에 프레데릭 윌리엄 허셜경에 의해 최초로 밝혀졌습니다. 여러 광색 간 열 차이에 호기심을 느낀 그는 태양광을 프리즘에 통과시켜 스펙트럼을 만든 후 각 색상의 온도를 측정했습니다. 마침내 그는 스펙트럼의 자외선에서 적색 부분으로 갈수록 색상의 온도가 증가했음을 발견했습니다.

이 패턴을 발견한 후 허셜은 어떠한 태양광도 보이지 않는 곳에서 스펙트럼의 적색 영역 바로 위의 온도를 측정하기로 결심했습니다. 놀랍게도, 그는 이 영역의 온도가 가장 높다는 것을 발견했습니다.

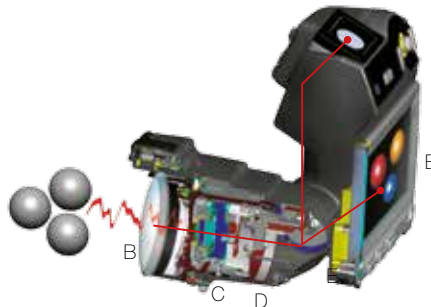
적외선은 전자기 스펙트럼의 가시 영역과 극초단파 영역 사이에 존재합니다. 적외선은 주로 열이나 열복사로부터 나온다. 절대온도(섭씨 -273.15도나 켈빈 온도 0) 이상의 온도를 가진 물체는 적외선 영역에서 열을 방출합니다. 열을 조각과 같이 매우 차가운 거라고 생각되는 물체조차 적외선을 방출합니다.



우리는 매일 적외선을 경험합니다. 태양광, 불 또는 라디에이터에서 우리가 느끼는 열은 모두 적외선입니다. 우리 눈은 적외선을 볼 수 없지만 우리 피부의 신경은 이를 열로 느낄 수 있습니다. 물체가 뜨거울수록 적외선을 더 많이 방출됩니다.

열화상 카메라

물체에서 나오는 적외선 에너지(A)는 광학렌즈(B)를 통해 적외선 탐지기(C)로 집중됩니다. 감지기는 이미지를 처리하기 위해 이 정보를 센서(D)로 보냅니다. 이 센서는 감지기로부터 나오는 데이터를 표준 비디오 모니터나 LCD 화면의 뷰파인더에서 볼 수 있도록 이미지(E)로 변환합니다.



적외선 서모그래피는 적외선 이미지를 방사측정값으로 변환하는 기술입니다. 이를 통해 이미지로부터 온도 값을 읽을 수 있습니다. 따라서 방사측정 이미지의 모든 픽셀은 사실상 온도 측정값입니다. 이를 위해서는 복잡한 알고리즘이 열화상 카메라에 사용됩니다.

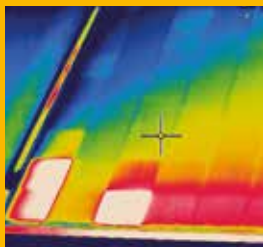
2

열화상 카메라를 사용하는 이유

건물 진단용 열화상 카메라는 건물, 태양전지 패널 및 풍력발전기의 모니터링과 진단을 비접촉 방식으로 수행할 수 있는 매우 유용한 도구입니다. 적외선 카메라는 건물의 에너지 관련 문제점을 쉽고 빠르게 파악하여 이를 기록함으로써 문제가 악화되고 수리에 큰 비용이 필요하게 되기 전에 즉시 시정조치를 취할 수 있도록 해줍니다.

FLIR 열화상 카메라의 장점:

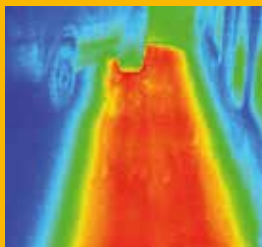
- 일반 캠코더나 디지털 카메라와 동일한 사용 방법
- 현재 상황을 눈으로 볼 수 있음
- 열적 이상을 감지하고 위치를 보여준다.
- 온도 측정 가능
- 정보를 기록 저장
- 수리 정비가 필요한 부위를 정확하게 알 수 있다.
- 문제가 발생하기 전에 원인을 찾아서 시정 가능함
- 시간과 비용의 절감



태양전지의 결함



건물 창호의 열 성능 검사



노면 제설용 가열장치가 부분적으로만 작동되고 있는 모습

플리어시스템은 다양한 기종의 열화상 카메라를 제작 공급하고 있습니다. 플리어시스템의 열화상 카메라는 일반 주택은 물론 대형 건물까지 쉽고 빠르게 검사하고 문제점을 발견할 수 있습니다.



적외선 열화상 카메라의 필요성

왜 FLIR 열화상 카메라를 선택하셨습니까? 적외선 온도계와 같이 비접촉 방식으로 온도를 측정할 수 있는 다른 기술도 있습니다.

적외선 온도계와 열화상 카메라의 비교

적외선 온도계는 한 지점의 온도를 측정하는 데는 매우 신뢰성이 높고 편리한 도구입니다. 그러나 넓은 면적 또는 부품의 온도를 스캔하는 경우에는 공기의 누출, 단열상태가 불량한 부분, 습기의 침투 등 문제가 있는 부분을 발견하기가 어렵습니다. FLIR 열화상 카메라는 전체 건물과 냉난방 및 공기조화 시스템을 스캔할 수 있습니다. 전체 건물에서 문제가 있는 부분은 아무리 사소하거나 작은 면적이라도 확실하게 찾아 낼 수 있습니다.



적외선 온도계는 한 지점의 온도만 측정

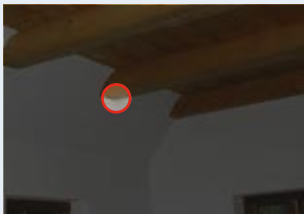


FLIR i3은 3,600개 지점의 온도를 동시에 측정

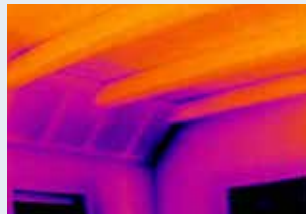
이상이 있는 부분을 매우 높은 정확도로 쉽고 빠르게 발견할 수 있습니다
적외선 스팟 온도계만으로는 건물의 중대한 문제를 탐지하기 어렵습니다. 이에 비하여 열화상 카메라는 현재의 상황을 전반적으로 보여주며 또한 즉석에서 진단이 가능하도록 해줍니다. 건물 시공상의 문제점은 물론 전반적인 상태와 문제를 한눈에 파악할 수 있습니다.

수천 개의 적외선 온도계를 동시에 사용

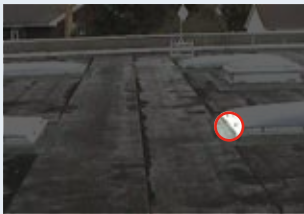
적외선 온도계로 한 지점의 온도를 측정할 수 있습니다. FLIR 열화상 카메라로 전체 이미지의 온도를 측정할 수 있습니다. FLIR i3의 이미지 해상도는 60 x 60 픽셀입니다. 이는 3,600개의 적외선 온도계로 동시에 측정하는 것과 같습니다. 이미지 해상도 640 x 480 픽셀의 당사의 최고 모델인 FLIR P660을 사용할 경우, 307,200 픽셀이나 307,200개의 적외선 온도계를 동시에 사용하는 것과 같습니다.



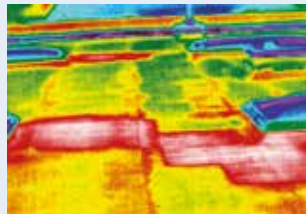
적외선 온도계를 사용한 측정



열화상 카메라를 사용한 측정



적외선 온도계를 사용한 측정



열화상 카메라를 사용한 측정



적외선 온도계를 사용한 측정



열화상 카메라를 사용한 측정



3

건물 진단용 열화상 카메라 사용법

적외선 카메라는 건물의 상태를 조사하고 진단할 수 있는 강력하며 비 침습적인 수단을 제공합니다. 열화상 카메라는 다양한 산업분야에서 설비를 진단하는데 가장 효과적이며 가치 있는 도구로 이용되고 있습니다. 적외선 카메라는 건물의 에너지 관련 문제점을 쉽고 빠르게 파악하여 이를 기록함으로써 문제가 악화되고 수리에 큰 비용이 필요하게 되기 전에 즉시 시정조치를 취할 수 있도록 해줍니다.

건물 진단용 열화상 카메라의 주요 기능은 아래와 같습니다:

- 에너지 손실을 눈으로 보여줍니다.
- 보온 시공이 누락되거나 손상된 부위를 알려줍니다.
- 공기가 누설되는 부위를 찾아줍니다.
- 보온재, 지붕, 벽체의 안쪽에 습기가 발생하는 부위를 알려줍니다.
- 곰팡이 발생 부위, 보온 취약 부위 등을 찾아줍니다.
- 열교(thermal bridge) 현상이 발생하고 있는 부위를 알려줍니다.
- 편평한 지붕의 누수 부위를 알려줍니다.
- 온수관의 누수 부위를 찾아줍니다.
- 건축물의 하자 부위를 찾아줍니다.
- 건축물의 건조 진행 상태를 파악할 수 있습니다.
- 각종 공급관 및 지역 난방관의 결함부위를 찾아줍니다.
- 전기설비의 하자 부위를 찾아줍니다.

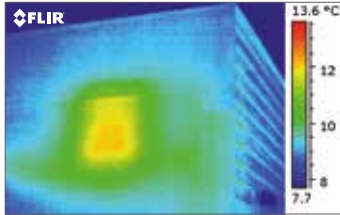
열화상 카메라는 육안으로는 볼 수 없는 것을 보여주므로 건물의 각종 문제점을 찾아내는데 이상적인 도구입니다. 건물의 다양한 문제점이 열화상에 뚜렷하게 나타납니다. 다시 말해서 건물의 모든 문제 부분을 직접 이미지로 볼 수 있는 것입니다.

정확한 온도 데이터를 가지고 있는 열화상 카메라를 사용하는 건축 전문가는 단열재의 상태, 습기 침투, 곰팡이의 번식, 전기 설비의 결함, 열교환상, 공기조화 시스템의 상태 등에 관한 중요 정보를 확보하고 있는 것과 같습니다.

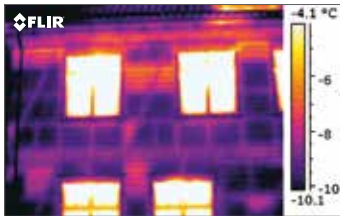
열화상 카메라의 장점과 기능은 너무 많아서 일일이 열거할 수 없을 정도입니다. 뿐만 아니라 새로운 기술과 혁신적인 기능이 나날이 개발되어 추가되고 있습니다. 이 장에서는 주로 건물과 관련된 열화상 카메라의 용도와 사용법에 대하여 설명하고 있습니다.

단열재 불량 및 외기 침입

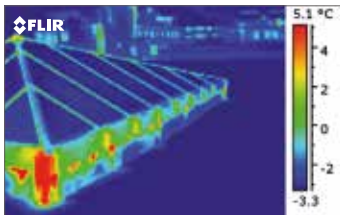
열화상 카메라는 건물에서 단열재가 시공되지 않은 곳, 도장이 벗겨지는 곳, 결로가 생기는 부분 등을 즉시 찾아낼 수 있는 훌륭한 도구입니다.



이 건물은 그 내부가 더 따뜻합니다. 건물의 벽체는 콘크리트-단열재-콘크리트의 샌드위치 구조입니다. 단열재의 일부분이 시공에서 누락되었지만, 건물 외부에서도 내부에서도 맨 눈에는 보이지 않습니다. 그러나 열화상 카메라는 맨눈에 보이지 않는 것도 볼 수 있습니다.

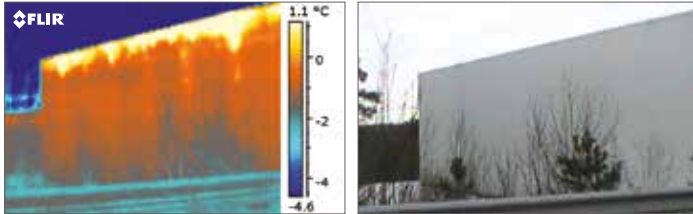


골조 시공. 따뜻한 색상으로 표시되고 있는 부분이 단열시공 되지 않은 부분입니다.



아트리움 상부의 유리 지붕. 이 지붕은 방수는 되지만 공기가 새고 있습니다. 건물 내외부의 압력 차이에 의하여 내부의 따뜻한 공기가 새어 나가고 있습니다. 이 유리지붕은 기밀 시공을 할 필요가 있습니다.

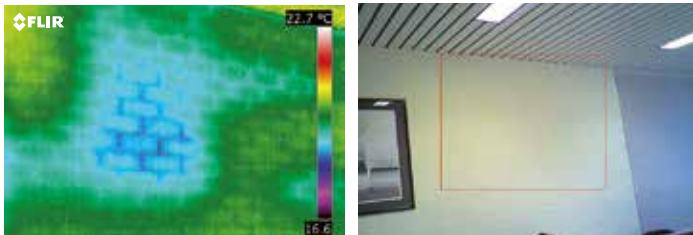
단열 상태가 양호한 조립식 패널 벽체와 지붕으로 건설한 건물에서도 패널 연결부에서 에너지가 손실될 수 있습니다.



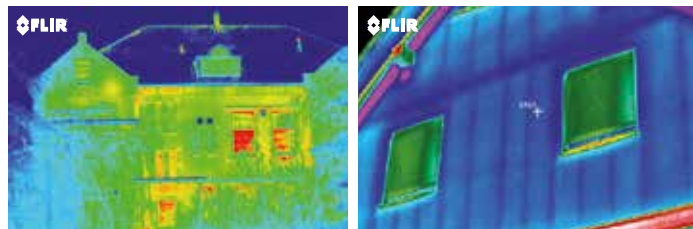
벽체와 지붕 사이에서 열이 손실되고 있는 창고 이 연결부는 즉시 틈이 없도록 수리하여 에너지 손실을 막아야 합니다.

단열재 누락 또는 에너지가 새는 부분을 찾기 위하여 열화상 카메라를 사용할 때에는 건물 내부와 외부의 온도차이가 10℃ 이상인 것이 좋습니다. 온도차이가 이보다 작을 때에는 이미지 분해능이 더 높거나 온도 분해능이 더 우수한 열화상 카메라를 사용할 수 있습니다.

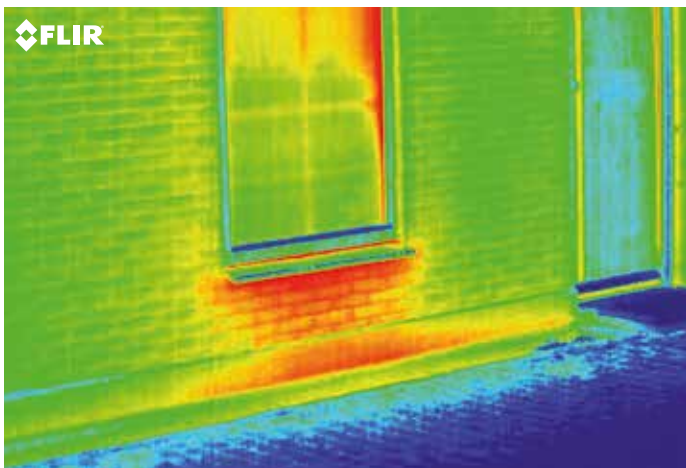
추운 지방에서는 동절기에 건물의 열손실을 조사하는 경우가 많습니다. 이와 반대로 더운 지방에서는 건물 내의 에어컨이나 공기조화기의 찬 공기가 외부로 유출되는지 확인하기 위하여 하절기에 건물의 단열 상태를 검사하는 경우가 많습니다.



벽체 일부에 단열재 시공 누락



건물 외부의 열화상. 단열이 불량하거나 시공되지 않은 부분이 확실하게 나타난다.



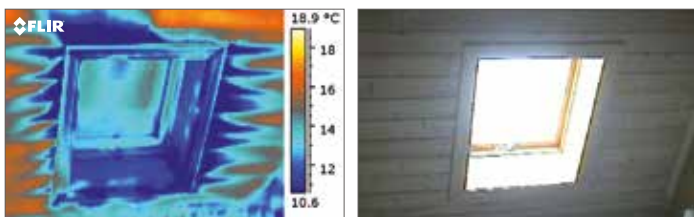
이 열화상에는 창문 아래 벽체의 단열이 부실한 부분이 선명하게 나타나 있다.

공기 누설 부위 탐지

건물에서 공기가 누출되면 에너지 소비 문제뿐 아니라 환기 시스템에도 문제가 생길 수 있습니다. 또한 외기가 침입하면 건물 내부에 결로가 생겨서 실내 환경이 오염될 수 있습니다.

공기가 새는 것을 탐지하려면 온도와 압력에 차이가 있어야 합니다.

열화상 카메라로 외기의 침입을 탐지할 때에는 찬 외기가 들어오는 부분의 표면 온도가 낮아지는 것을 이용합니다. 그러므로 건물의 내부나 외부 중에서 압력이 더 낮은 곳에서 열화상 카메라로 공기가 새는 것을 검사할 수 있습니다. 건물 내부에서 탐지할 때에는 블로워 도어라는 기법을 이용하여 건물 내부의 압력을 외부보다 낮게 해줍니다. 이 블로워 도어(Blower Door) 시험법은 이후에 설명할 것입니다.

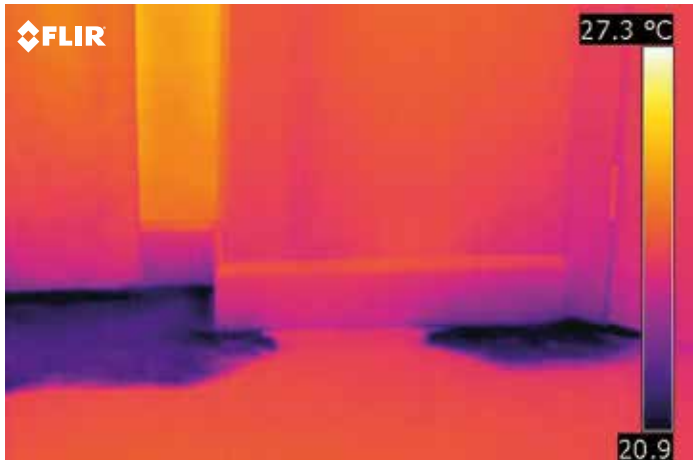


지붕과 창문 틈에서 공기가 새는 것을 보여주는 열화상

습기 감지

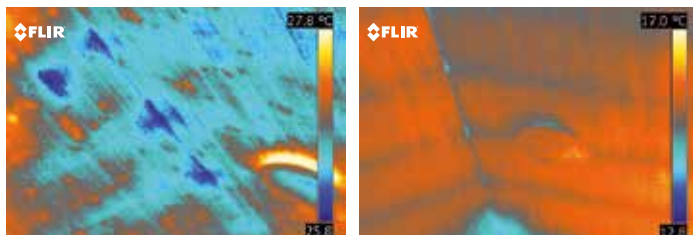
습기에 의한 피해는 건물을 손상시키는 중요한 원인 중 하나입니다. 외기가 침입하면 벽, 바닥, 천장 등에 결로가 생길 수 있습니다. 특히 단열재가 습기에 젖으면 마르는데 오랜 시간이 걸리며, 그 동안 곰팡이가 슬기 쉽습니다.

열화상 카메라로 스캐닝하면 곰팡이가 생길 염려가 있는 습기찬 부분을 쉽게 찾아낼 수 있습니다. 곰팡이는 냄새가 나더라도 그 발생 위치를 찾을 수 없는 경우가 많습니다. 열화상 카메라를 사용하면 습기가 있는 부분을 찾아서 수리하여 곰팡이를 제거하고 재발생을 방지할 수 있습니다.



육안으로는 볼 수 없는 바닥의 습기 침투가 열화상에는 뚜렷이 나타납니다.

습기는 직접 관찰하기 어려우므로, 습기 때문에 생기는 건축물의 온도 차이를 이용하여 찾아냅니다. 습기가 찬 물질은 온도 변화 속도가 느리므로 주위 물질과 온도 차이가 생기게 됩니다. 이 온도 차이는 열화상 카메라에 선명하게 나타납니다. 다른 기술과 장비는 한 지점의 온도만 측정할 수 있지만 열화상 카메라는 전체 면적을 한 장의 열화상으로 즉시 측정하여 눈에 보여줍니다.



같은 천장의 열화상 실내의 온도를 빠르게 높이면 왼쪽 열화상과 같이 습기가 있는 부분을 확인할 수 있다.

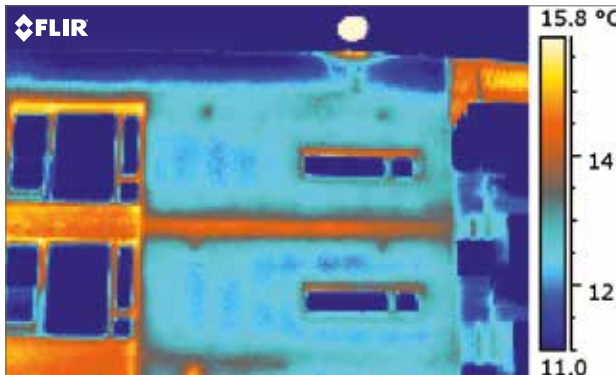
열교현상(Thermal Bridge)

건물에서 열이 집중적으로 유출되는 열교현상이 발생하고 있는 부분도 열화상 카메라로 즉시 찾아낼 수 있습니다.

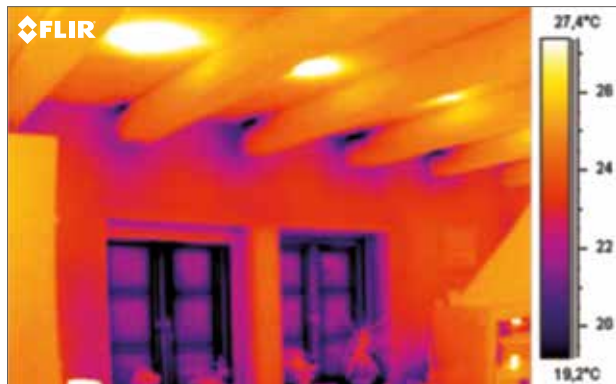
열교, 즉 열을 나르는 다리는 건물에서 열이 집중적으로 손실되고 있는 부분을 말합니다. 이런 부분은 건물 시공 상의 문제입니다. 열은 건물 내부에서 열 전도율이 가장 높은 부분을 통하여 외부로 유출됩니다.

열교현상의 대표적인 영향은 아래와 같습니다:

- 실내 온도의 저하. 심할 경우 특히 구석 부분에서 결로가 발생
- 심한 열 손실
- 건물 내 추운 부분 발생



바닥 일부의 열교현상을 보여주는 열화상



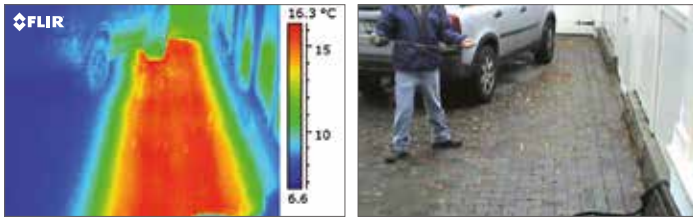
이 열화상은 지붕의 보와 인접한 벽체 사이의 열교현상을 보여준다.

열공급 라인과 지역난방 설비

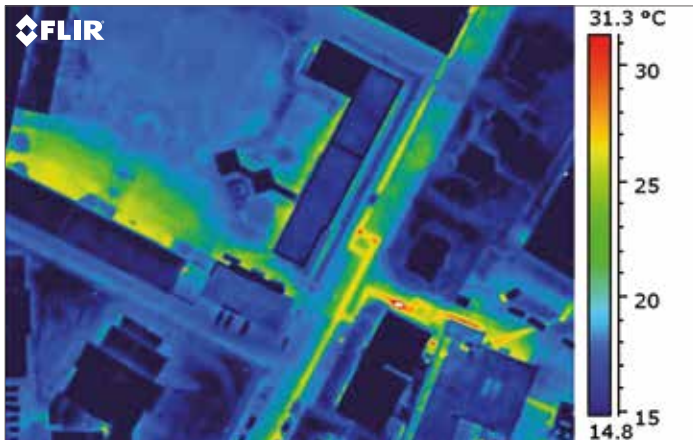
추운 지방에서는 도로와 주차장 바닥을 난방하기도 합니다.

지역난방 시스템에서는 주로 스팀을 사용하여 열을 중앙난방 시스템에서 각 주택과 상업 건물로 보내줍니다.

서모그래픽 조사를 실시하면 배관 기타 지하의 난방설비에 있는 결함을 쉽고 정확하게 찾아낼 수 있습니다. 열화상 카메라로 결함이 있는 위치를 찾아서 즉시 수리할 수 있습니다.



지역 난방의 결함을 열화상 카메라를 사용하면 즉시 정확하게 찾아낼 수 있다.



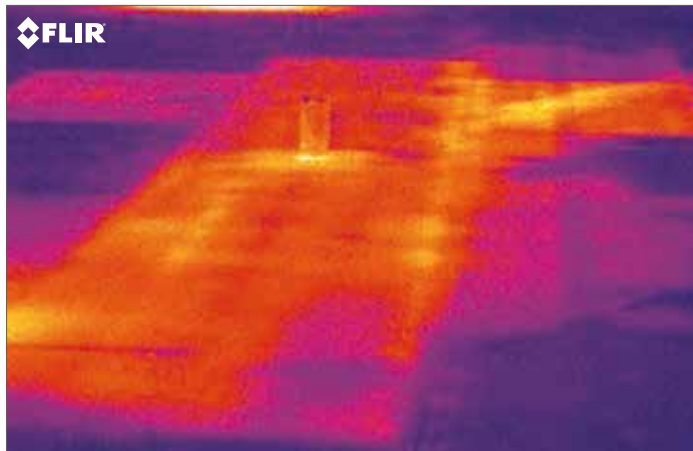
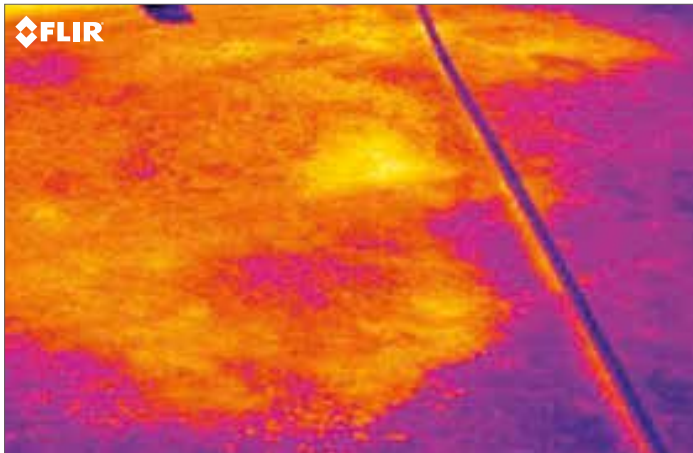
지역난방 시설을 공중 촬영한 열화상으로서 누설부분과 단열이 부실한 부분을 정확하게 보여준다.

편평한 지붕의 누수 부위 탐지

열화상 기술은 슬래브 등 평면 지붕에서 누수되는 부분도 쉽게 찾아낼 수 있습니다.

물은 지붕의 다른 부분보다 열을 더 오래 간직하고 있으므로, 지붕의 온도가 낮아지는 저녁 무렵 또는 밤 중에 수분이 있는 부분은 열화상 카메라에 뚜렷하게 보입니다.

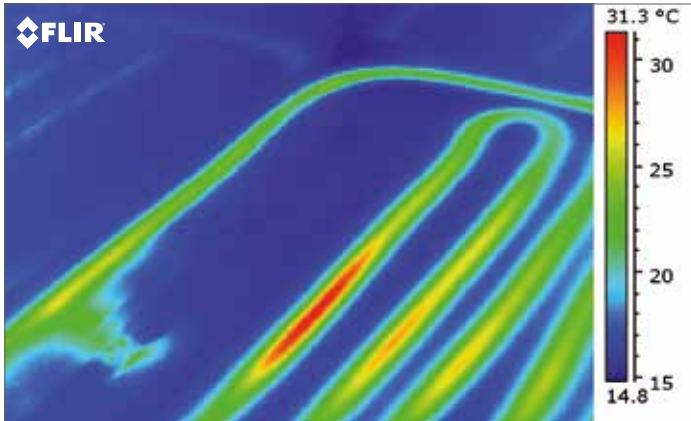
지붕 전체를 교체하는 대신 누수부분만 수리함으로써 많은 비용을 절약할 수 있는 것입니다.



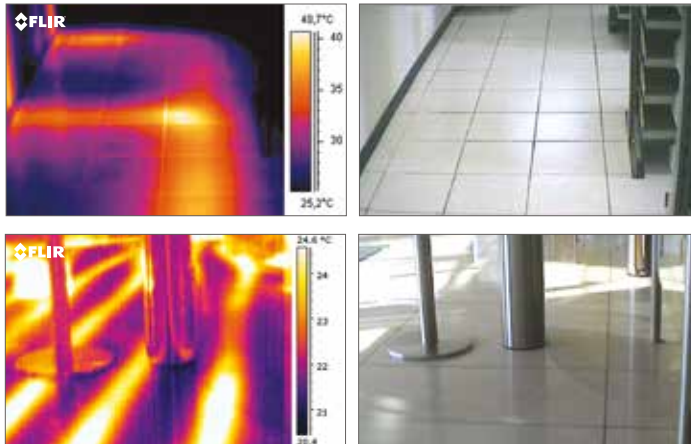
편평한 지붕의 누수 부위

바닥난방 설비에서 누수 부분 탐지

열화상 카메라는 각종 배관의 누설을 쉽고 빠르게 탐지할 수 있을 뿐만 아니라 바닥 속에 매립되어 있는 부분의 누설도 정확하게 찾을 수 있습니다. 열화상 카메라를 사용하면 매립 배관에서 나오는 열에 의하여 배관의 배치를 쉽게 볼 수 있습니다.



이 열화상은 바닥 난방 시스템의 누수부분을 보여준다.



바닥난방 시설에서 문제가 있는 부분은 열화상 카메라를 사용하여 정확하게 찾아낼 수 있습니다.

품질보증

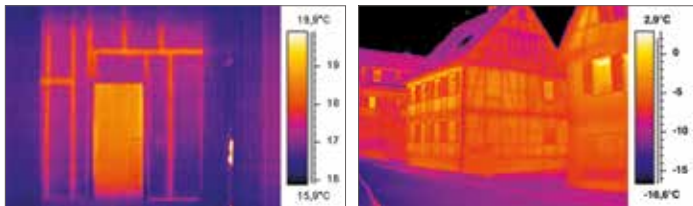
열화상 기술은 신축 건물의 시공 품질보증과 검사에도 널리 사용되고 있습니다.

건물의 시공과 건조 기간 동안 열화상 카메라로 건조 진행 상태를 파악할 수 있으며 필요한 부분을 신속하게 건조시킬 수 있게 됩니다.

열화상 카메라를 사용하여 건물이 완전히 건조된 것을 확인하면 건물주에게 조속히 건물을 인계할 수 있는 것입니다.

건물의 개조/개선

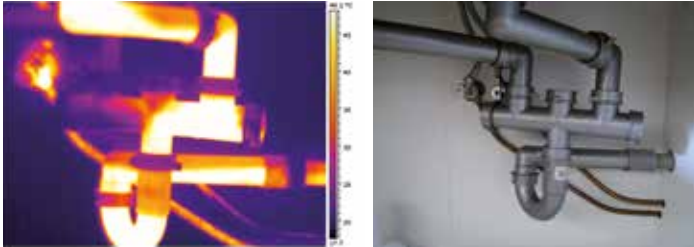
건물이나 기념물의 보수 또는 개조 등의 작업에서도 열화상 카메라는 그 가치를 발휘합니다. 시멘트 몰탈 등으로 마감된 골조도 열화상으로 선명하게 관찰할 수 있습니다. 그러므로 열화상을 통하여 골조 부분을 노출시킬 것인지 결정할 수 있습니다. 벽면에서 석고 등이 떨어져 나오는 것도 조기에 발견하여 조치를 취할 수 있습니다.



내부에 있는 골조를 보여주는 열화상

배관

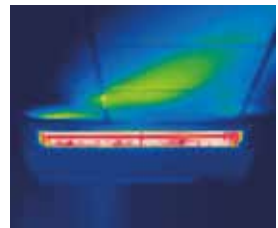
열화상 기술을 이용하면 막히거나 손상된 파이프 등 배관설비의 각종 문제를 쉽게 진단할 수 있습니다. 바닥이나 벽체 내부에 매립된 배관도 그 속을 흐르는 유체의 온도에 의하여 문제나 결함이 있는 부분을 정확하게 찾아낼 수 있습니다. 예를 들어 온수관에서 나오는 열이 열화상 카메라에 뚜렷하게 보입니다.



열화상 기술로 배관 설비의 문제 발견

공기조화설비(HVAC)

공기조화 시스템은 정비관리가 매우 중요합니다. 공기조화기는 적당한 습도와 온도의 공기를 만들어서 오염물질을 여과한 다음 실내로 공급합니다. 열화상 카메라를 사용하면 HVAC 시스템이 정상 가동 중인지 여부를 조사할 수 있습니다. 공기조화기의 성능이 저하되면 실내 공기의 질도 저하됩니다.

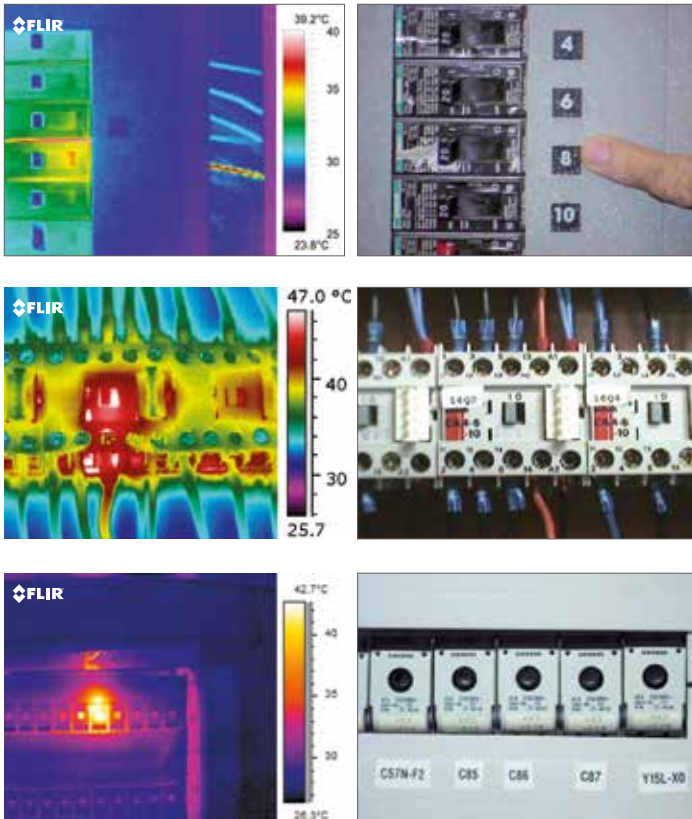


전기 설비의 결함

모든 건물에는 다양하고 많은 숫자의 전기 설비와 장치가 사용됩니다. 열화상 카메라로 전기배전반, 퓨즈, 배선 연결부 등을 검사할 수 있습니다.

맨 눈에는 보이지 않는 문제를 발견하고 문제가 발생하기 전이 정비할 수 있습니다. 전기 설비의 결함이나 문제는 반드시 온도 상승을 초래합니다. 뿐만 아니라 전기 스파크가 발생하면 주위 물질에 화재를 일으킵니다.

열화상 카메라를 사용하여 전기 설비를 검사하는 방법에 대해서 더 자세한 내용을 아시려면 "산업용 열화상 카메라의 사용법" 책자를 참고하시기 바랍니다.



퓨즈 하나가 과열된 상태이며, 화재의 위험이 있다.

4

건물 진단용 열화상의 원리

열화상 이미지를 올바르게 해석하기 위해, 사용자는 다양한 재료와 환경이 열화상 카메라의 온도 측정에 어떠한 영향을 미치는가를 알아야 합니다. 온도 측정에 영향을 미치는 가장 중요한 요소 중 일부는 다음과 같습니다:

1. 열전도율(Thermal conductivity)

물질에 따라서 그 열적 성질도 달라집니다. 단열재는 온도가 서서히 올라가지만 금속은 빠르게 가열됩니다. 이런 성질을 열전도율이라 합니다. 조건에 따라서 열전도율에 차이가 있는 두 물질 사이에는 큰 온도 차이가 발생할 수도 있습니다.

2. 방사율(Emissivity)

온도를 올바르게 측정하려면 방사율이라고 알려진 요소를 고려해야 합니다. 방사율은 물체가 적외선을 방출하는 효율입니다. 이는 물질의 속성에 크게 의존합니다.



열화상 이미지를 확인하면 금색 페인트부분이 머그 컵의 표면보다 더 차갑다고 생각할 수도 있습니다. 그러나, 실제로는 온도가 정확히 같습니다. 다만 그 방사율 차이로 인해 적외선 방출 강도가 달라진 것입니다.

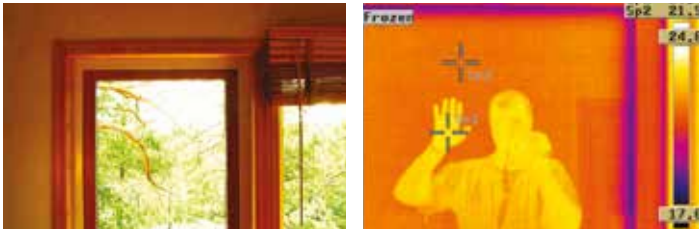
그러므로 카메라의 방사율을 정확하게 설정하지 않으면 온도 측정에 오차가 발생하게 됩니다. 플리어 시스템즈의 열화상 카메라는 많은 물질에 대한 방사율을 미리 설정하고 있으며, 다른 물질에 대해서는 방사율 표를 제공합니다.



좌측의 열화상 이미지는 인간의 피부(0.97)에 대한 적절한 방사율 설정을 가지고 있으며 온도 측정값이 정확(36.7 °C)함을 보여줍니다. 우측의 열화상 이미지는 잘못된 방사율이 입력되어(0.15) 온도 측정값이 부정확(98.3 °C)함을 보여줍니다.

3. 반사(Reflection)

대부분의 금속과 같이 일부의 물질은 거울이 빛을 반사하듯이 열 복사를 반사하는 성질을 가지고 있습니다. 열 복사선이 반사되면 열화상의 판독과 해석에 오차가 발생합니다. 열화상 카메라를 사용하는 사람이나 조명 장치에서 나오는 열 복사가 반사되어 열화상 카메라에 입사되면 온도가 정확하게 측정되지 않습니다. 그러므로 카메라 사용자는 열화상 카메라의 방향이 대상물체를 향하도록 하고 반사를 피해야 합니다.



창은 열 복사를 반사합니다. 마찬가지로 열화상 카메라에서 창은 거울과 같은 역할을 합니다.

대상물체의 표면이 방사율(emissivity)이 낮으며 주위와 온도차이가 클 경우 입사광선에 포함되어 있는 열 복사선에 의하여 열화상 카메라의 온도 측정값에 상당한 오차가 생길 수 있습니다. 플리어시스템에서는 이 문제를 해결하기 위하여 겔보기 반사온도를 설정해주는 기능을 열화상 카메라에 탑재하였습니다.

4. 실내 및 실외 온도

열화상 카메라를 사용하여 건물에서 단열재가 불량하거나 누락된 부분을 조사하려면 건물 내외부에 온도차이가 있어야 합니다. 아주 작은 온도 차이에서도 조사할 수 있는 경우가 많지만, 10℃ 정도의 온도 차이가 있는 것이 바람직합니다.

이런 조사는 보통 건물 내부와 외부에서 실시됩니다. 온도 차이가 충분하면 손상되었거나 성능이 부실한 단열재나, 단열재가 탈락 또는 누락된 부분을 확실하게 찾을 수 있습니다.

이때 검사자는 건물 내외부의 온도와 함께 지난 24 시간 이내에 큰 온도 변화가 있었는지 여부를 확인할 필요가 있습니다.

5. 건물 외부에 미치는 영향

태양빛이 비치면 열화상 카메라의 온도 측정값에 영향이 나타난다는 것은 누구나 알 수 있는 것이지만, 태양빛은 지나간 후에도 상당 시간 동안 그 영향이 나타나는 것입니다. 태양빛이 비친 부분과 그늘이 진 부분은 태양 빛이 사라진 후에도 그 온도 차이에 의하여 열적 패턴이 뚜렷하게 나타납니다. 열전도율의 차이도 열화상에 나타나는 열 패턴에 영향을 미칩니다. 예를 들어 벽돌은 목재보다 열전도율이 낮아서 온도의 변화속도가 더 느립니다. 바람도 온도 측정과 열 패턴에 영향을 미칩니다. 바람, 즉 공기의 흐름은 물체 표면의 온도를 낮추어서 온도가 높은 부분과 낮은 부분의 온도 차이가 작아지는 것입니다.

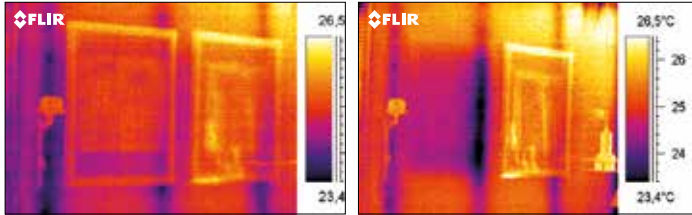
비가 내리면 건물 외부의 온도가 낮아지므로 열화상 카메라를 사용하여 열적 진단을 할 수 없게 될 수 있습니다. 비가 그친 후에도 한참 동안은 수분이 증발하면서 물체 표면의 온도를 낮춥니다. 그러므로 열적 패턴이 정상 상태와 달라지는 것입니다.

6. 난방 및 환기 시설

표면 온도에 대한 외부의 영향은 실내에서도 나타납니다. 물체 표면의 온도는 주위 온도에 의하여 영향을 받지만 냉난방 시설도 큰 영향을 미칩니다. 난방 시설은 온도 차이에 영향을 주어서 열 패턴이 정상과 다르게 조사됩니다. 환기시설이나 에어컨에서 나오는 찬 바람은 난방과 반대로 물체 표면의 온도를 높여 줍니다.

7. 건물 내부에 나타나는 영향

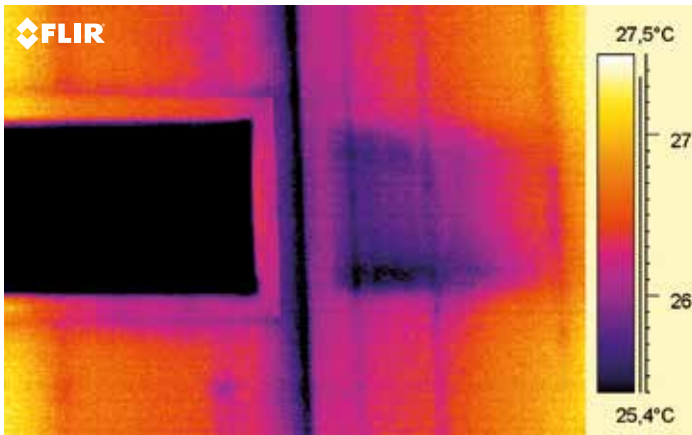
책장, 캐비닛, 벽에 걸려 있는 액자 등도 열 패턴에 영향을 미칩니다. 이와 같은 가구와 벽 장식물은 단열재와 같은 효과를 줍니다. 이런 장식물이나 가구를 치우고 열화상을 촬영하면 벽면의 온도는 더 낮게 측정될 것입니다. 이런 경우 그 부분의 단열재가 없는 것으로 착각할 수도 있습니다. 그러므로 벽에 붙어 있는 가구나 장식물은 검사하기 6시간 이전에 치우는 것이 좋습니다.



이 두 열화상은 같은 벽면을 촬영한 것입니다. 여기서 실외의 온도는 실내보다 더 낮습니다. 오른쪽의 이미지는 벽에서 액자를 치운 후 촬영한 것입니다. 액자 뒤 온도가 낮은 부분은 벽의 두 중간 기둥 사이의 면적과 같아서 이 부분의 벽에 단열재가 없는 것처럼 보일 수도 있습니다.

8. 주위의 반사광

반사율이 높은 물체를 조사할 때에는 이미지에 반사광이 최소가 되도록 카메라 앵글을 잘 정해야 합니다. 카메라 사용자의 몸 기타 주위에 있는 열원, 기계 설비, 조명등, 변압기 등이 반사광선의 원천이 될 수 있습니다. 반사광선이 입사되면 열 데이터가 부정확하게 되며, 이를 제대로 이해하고 해석하지 않으면 틀린 측정 데이터를 얻게 될 수 있습니다.



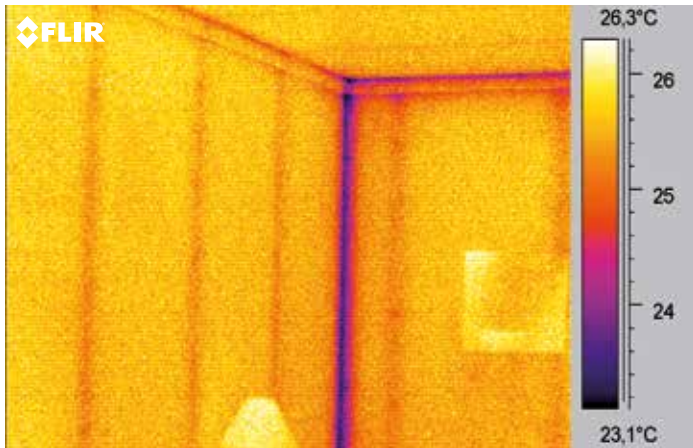
이 이미지는 왼쪽 창문에서 오는 반사광선이 실내 벽면(창의 오른쪽)에 나타난 것을 보여준다.

9. 건축 자재의 종류

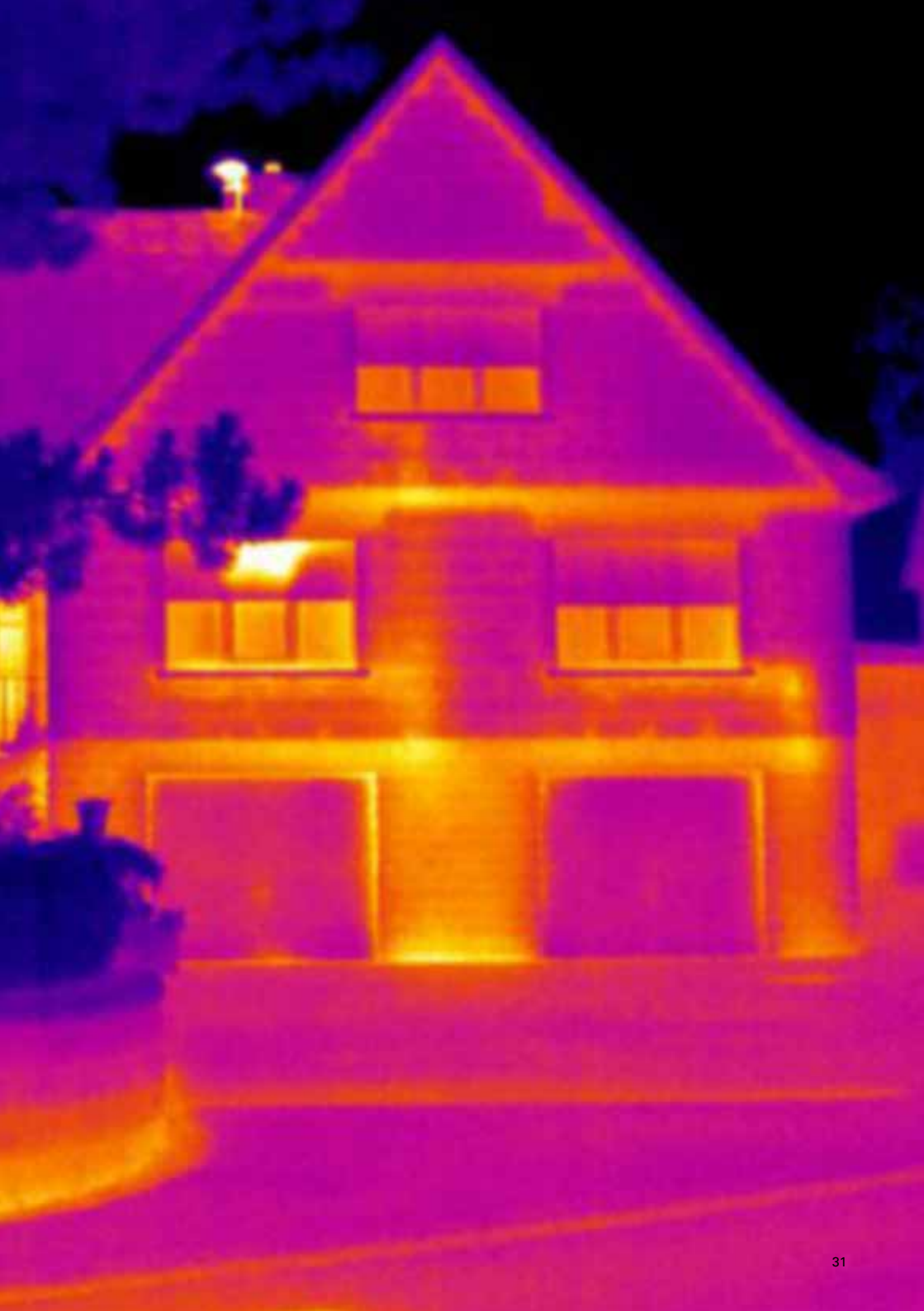
건축 자재의 재질 금속과 같은 다른 물질은 온도가 빠르게 변화합니다. 측정 결과를 바르게 해석하기 위하여 서모그래피 전문가들은 측정하기 전에 실내 또는 실외에서 온도가 크게 변화한 일이 있는지 확인해야 합니다.

10. 건물의 시공 상태

건물의 외벽은 중간에 공기층을 가지도록 건축하는 경우가 있습니다. 이런 종류의 벽체는 건물 외부에서 측정하기 곤란합니다. 벽체 내부에 있는 골조는 실내에서 측정하면 온도가 더 낮습니다(실내 기온이 더 높을 경우). 그리고 기온이 더 낮은 외부에서 보면 그 반대로 나타납니다. 이런 결과는 예측할 수 있는 것과 같으며 정상적인 현상입니다.



실내에서 촬영한 열화상 골조, 그리고 골조를 덮는 커버를 체결하고 있는 나사를 볼 수 있다. 코너 부분의 온도가 더 낮은 것을 볼 수 있다. 이것은 코너 효과라 부르며 정상적인 현상이다.



5

태양광발전 패널 검사용 열화상 카메라

재생 에너지

석유, 가스, 석탄 등 천연 에너지 자원의 고갈로 에너지 가격이 급등하고 있습니다. 뿐만 아니라 이런 화석 연료를 사용함으로써 소중한 지구가 오염되어 가고 있습니다.

태양광 발전 패널은 태양의 에너지를 전력으로 변환시킵니다. 전력은 즉시 현금화할 수 있습니다. 태양광 발전사업은 수익성이 좋은 투자가 될 수 있습니다. 태양광발전소에서 높은 수익을 달성하고 장기간 안정된 운영을 하기 위해서는 우수한 품질이 핵심입니다. 태양광 발전 시스템에서 가장 중요한 핵심 부분은 태양전지 모듈입니다. 이 모듈은 장기간에 걸쳐 안정되게 전력을 생산할 수 있도록 신뢰성이 높아야 합니다. 태양전지 모듈의 전체 수명에 걸쳐 안정된 가동효율을 확보하는데 열화상 카메라가 중요한 역할을 하고 있습니다.

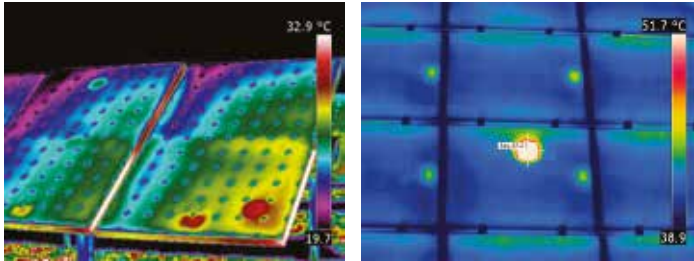
화석연료 매장량이 감소함에 따라 석탄과 가스의 가격은 급등하고 있으며, 많은 사람들이 태양을 유망한 재생에너지 원으로 인정하고 있습니다. 그러나 태양전지 패널은 마모와 노후되기 쉽습니다. 현재 전세계 많은 태양광 발전소와 건물 옥상에 설치한 태양광 발전 패널을 열화상 카메라를 사용하여 검사하고 있습니다.

태양전지 패널의 검사

태양전지 패널의 검사와 평가에 열화상 카메라를 사용하면 많은 이점이 있습니다. 다른 검사 방법과 달리 태양전지 패널에서 이상이 있는 부분은 열화상에 선명하게 나타납니다. 또한 열화상 카메라는 태양전지를 사용하면서 검사할 수 있습니다. 그리고 열화상 카메라는 넓은 면적을 짧은 시간 내에 검사할 수 있습니다.



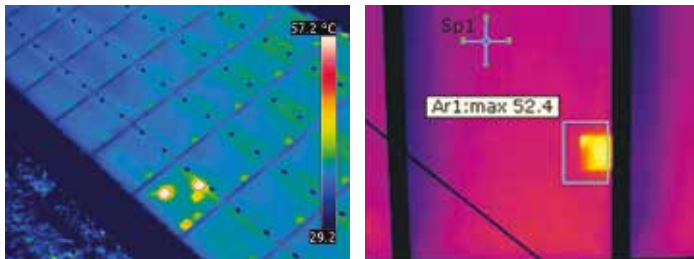
열화상 카메라를 사용하면 이상이 있는 부분이 큰 문제로 진행하기 전에 발견하여 미리 수리할 수 있습니다. 그러나 열화상 카메라 모두가 태양전지 모듈 검사에 적합한 것은 아닙니다. 그리고 정확한 검사를 효율적으로 실시하기 위하여 알아야 하고 지켜야 하는 몇 가지 지침이 있습니다.



이 열화상에서 적색 부분은 다른 부분보다 태양전지 한 개 안에 있는 고온 부분은 전 온도가 높은 곳으로서 연결에 문제가 있다 지의 물리적인 손상을 알려주는 것이다. 는 것을 알 수 있다.

열화상 카메라로 태양광발전 패널을 검사하는 방법

태양광 발전소에서 태양전지를 검사할 때 충분한 열적 콘트라스트를 얻으려면 태양의 복사열량(irradiance)가 500 W/m^2 이상이라야 합니다. 보다 바람직하게는 700 W/m^2 이상일 때가 좋습니다. 태양의 복사량은 단위 면적(m^2)과 단위 시간 내에 입사되는 태양의 에너지를 말합니다. 이것은 일사량계(pyranometer, 전역 태양 복사) 또는 직달일사량계(pyrheliometer)로 측정할 수 있습니다. 일사량은 장소와 현지 기상에 따라서 크게 달라집니다. 외기 온도가 낮으면 열적 콘트라스트가 더 높아집니다.

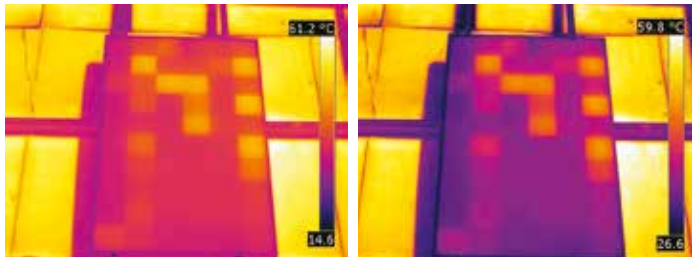


이 열화상은 태양전지 패널의 바이패스 다이오드에 결함이 있다는 것을 보여준다.

이 열화상은 표준 60 셀 모듈에서 손상된 셀을 적색으로 보여준다.

용도에 적합한 카메라 선택법

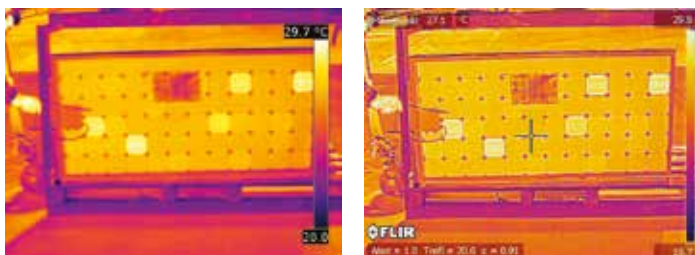
건물 검사에 사용되는 휴대형 열화상 카메라는 보통 8 - 14 μm 파장대역을 측정하는 비냉각식 마이크로볼로미터 디텍터를 가용하고 있습니다. 그러나 우리는 이 파장대의 적외선을 투과시키지 않습니다. 태양전지를 앞쪽에서 검사할 때 열화상 카메라는 태양전지 패널의 표면에 있는 온도 분포를 측정하는 것이며, 그 뒤에 있는 태양전지의 온도 분포는 간접적으로 측정하는 것입니다. 그러므로 태양전지 패널의 표면 온도는 우리의 온도로서 그 차이가 그리 크지 않습니다. 이 온도 차이를 열화상에서 인식하려면 검사에 사용하는 열화상 카메라의 온도 분해능이 0.08 $^{\circ}\text{C}$ 이하라야 합니다. 또한 미소한 온도 차이를 열화상으로 나타내려면 카메라의 레벨과 스패를 수동으로 조절할 수 있어야 합니다.



레벨과 스패를 자동 모드(왼쪽) 및 수동 모드(오른쪽)로 조절하는 열화상.

태양전지 모듈은 보통 반사율이 아주 높은 알루미늄 골격 위에 설치하며, 이 골격 부분은 태양의 적외선을 반사하므로 열화상에 온도가 낮은 부분으로 나타납니다. 그러므로 검사할 때 열화상에는 골격부의 온도가 영하로 나타나게 됩니다. 열화상 카메라의 디스플레이를 조절하는 알고리즘은 자동적으로 최고 및 최저 측정온도에 맞추어지므로, 크지 않은 열적 이상은 이런 열화상에서 볼 수 없게 됩니다. 따라서 높은 열적 콘트라스트를 얻으려면 레벨과 스패를 계속 수동으로 보정해주는 것이 필요합니다.

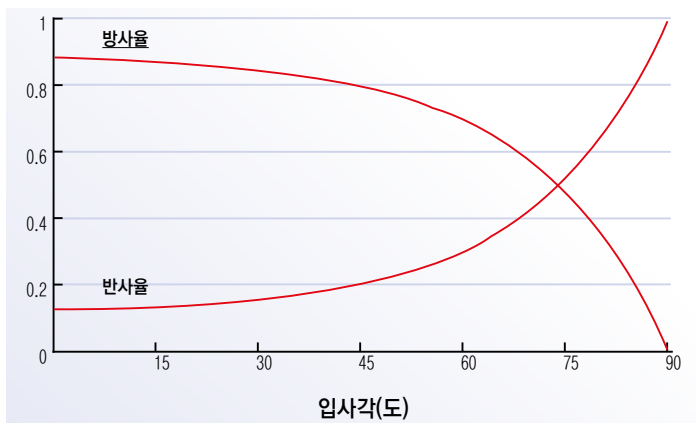
이 문제는 DDE(Digital Detail Enhancement)라 부르는 디지털 화질개선 기술로 해결할 수 있습니다. 검사 대상이 되는 장면 내에서 온도 차이가 클 경우 DDE는 자동적으로 콘트라스트를 최적으로 조절해주므로 수동으로 조절할 필요가 없습니다. 그러므로 DDE 기능이 있는 열화상 카메라는 태양전지 패널을 신속 정확하게 검사할 수 있습니다.



DDE 기능이 없는 열화상(왼쪽)과 DDE 기능이 적용된 열화상(오른쪽)

반사와 방사율을 고려하여 카메라 위치를 정할 것

유리는 8 - 14 μm 파장대에서 0.85 - 0.90 범위의 방사율(emissivity)를 가지고 있지만 유리 표면을 열적으로 측정하는 것은 쉽지 않습니다. 유리는 반사성이므로 주위에 있는 온도가 다른 여러 물체들이 열화상에 나타나게 됩니다. 최악의 경우, 열화상의 해석에 오류가 생기고(실제와 다른 고온부) 측정값에 오차가 발생합니다.



각도에 따른 유리 방사율의 차이

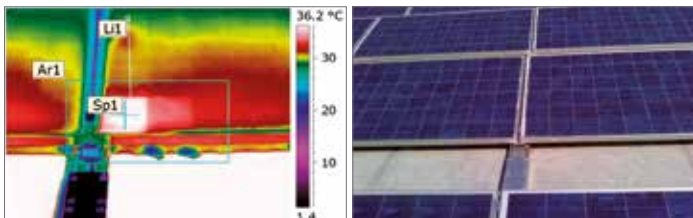


열화상 카메라를 사용할 때 바람직한 시야각(녹색)과 좋지 않은 시야각(적색)

유리 표면에서 열화상 카메라와 측정하는 사람이 반사되는 것을 피하려면 태양전지 모듈의 표면에 대하여 카메라가 수직 위치가 되지 않도록 하십시오. 그러나 방사율은 카메라가 수직 위치일 때 최대가 되고 수직에서 벗어날수록 감소합니다. 그러므로 5 - 60° 정도의 시야각이 적당합니다(수직 각도를 0°로 할 때).

원거리 측정

검사, 측정을 할 때 적당한 시야각을 얻는 것이 어려울 경우도 있습니다. 대부분의 경우 삼각대를 사용하여 해결할 수 있지만, 조건이 좋지 않은 환경에서는 이동식 작업대를 사용하거나 또는 심지어 헬리콥터를 타고 태양광 발전소 위를 비행하면서 촬영할 필요가 있을 수도 있습니다. 이러한 경우에는 측정 대상과 충분한 거리를 유지하면 한 번에 넓은 면적을 검사할 수 있게 됩니다. 열화상의 화질을 적합한 수준으로 유지하려면 원거리에서 사용하는 열화상 카메라의 분해능이 바람직하게는 640 × 480 픽셀, 최소 320 × 240 픽셀 이상인 것이 좋습니다.

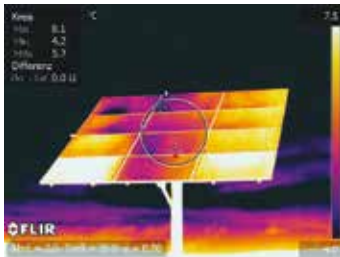


문제가 있는 태양전지는 온도가 높아지므로 열화상으로 쉽게 찾아낼 수 있다.

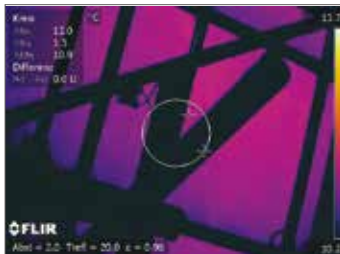
또한 열화상 카메라는 렌즈를 교환할 수 있는 모델을 선택하여 헬리콥터처럼 원거리에서 촬영을 할 때에는 망원렌즈를 사용하는 것이 좋습니다. 그러나 망원렌즈는 분해능이 높은 카메라에만 사용하는 것이 바람직합니다. 분해능이 낮은 열화상 카메라는 원거리에서 망원렌즈를 사용하여 측정하면 미세한 온도 차이를 찾아내기 어렵습니다.

다른 방향에서 촬영

대부분의 태양전지 모듈은 그 뒤쪽에서도 열화상 카메라로 검사할 수 있습니다. 뒤쪽에서 열화상을 촬영하면 반사광의 간섭을 피할 수 있습니다. 뿐만 아니라 뒤쪽에서 측정을 하면 앞쪽에서 유리를 통하여 측정하는 것보다 태양전지의 온도가 더 높게 측정되므로 유리합니다.



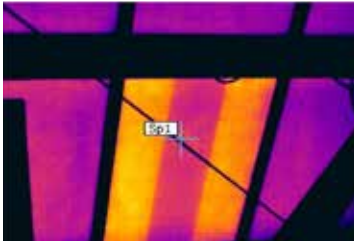
태양전지 패널 앞쪽에서 촬영한 열화상에는 많은 전지에 문제가 있는 것처럼 보일 수 있다.



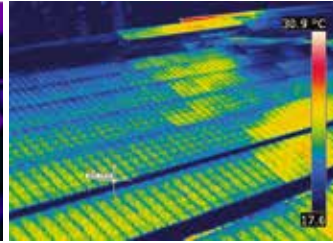
뒤쪽에서 촬영한 열화상에는 고온 부분이 없으며, 앞에서 촬영한 열화상의 고온 부분은 구름이 반사된 것이었다.

주위 환경 및 측정 조건

열화상 카메라를 사용하여 검사할 때 하늘에 구름이 있으면 태양의 복사 열량이 감소되며 또한 반사되어 간섭을 일으킵니다. 그러나 흐린 날씨에도 온도 분해능이 높은 열화상 카메라를 사용하면 참고적인 데이터를 측정할 수 있습니다. 태양전지 모듈 표면에 공기 유동이 있으면 대류에 의한 냉각이 생겨서 온도 차이가 감소하게 됩니다. 따라서 바람이 없는 날씨가 좋습니다. 기온은 낮을수록 온도차이가 뚜렷하게 나타납니다. 그러므로 이른 아침에 열화상 카메라를 사용하여 검사하는 것도 좋은 방법입니다.



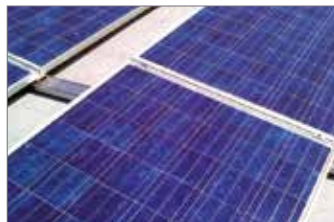
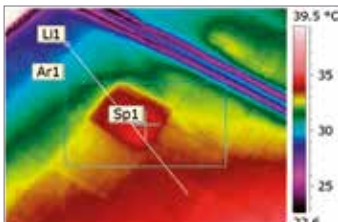
두 줄의 태양전지가 높은 온도로 측정되고 있으며, 바이패스 다이오드가 손상된 것을 알 수 있다.



이 열화상에는 넓은 면적에서 온도가 높은 것을 보여준다. 더 이상의 정보가 없으면 이 부분의 온도에 문제가 있는 것인지 또는 그림자나 반사에 의한 결보기 현상인지 판단할 수 없다.

열적 콘트라스트를 높일 수 있는 다른 방법은 태양전지를 부하에서 분리하여 전류가 외부로 흐르지 않도록 함으로써 태양의 복사열만으로 전지가 가열되도록 하는 것입니다. 그 후에 부하를 연결하고 태양전지를 가열되고 있는 과정에서 측정합니다.

그러나 정상적인 조건 하에서는 시스템을 표준적인 가동 상태에서, 즉 부하를 연결한 상태로 측정하는 것이 좋습니다. 태양전지의 종류와 고장 또는 장애의 유형에 따라서 부하를 분리하거나 회로를 단락시킨 상태에서 측정하면 추가적인 정보를 얻을 수 있습니다.



열화상 카메라를 사용하면 열화상에서 보는 것처럼 문제가 있는 태양전지를 신속하게 찾아서 수리할 수 있다.

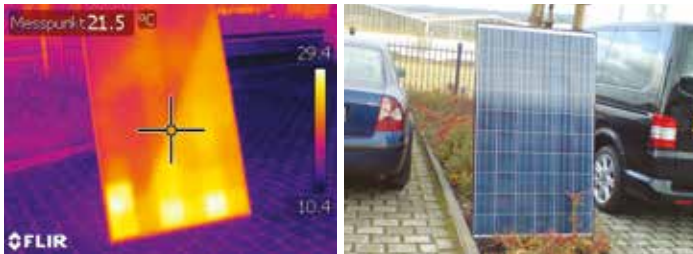
측정 오차

측정 오차는 주로 카메라의 위치가 부적당하거나 광학적 환경, 또는 측정 조건이 좋지 않을 때 발생합니다. 대표적인 측정 오차는 다음과 같은 원인에 의하여 발생합니다:

- 시야각이 너무 좁을 때
- 태양의 복사열량이 시간에 따라서 변화할 때(구름이 지나갈 때, 등)
- 반사광선(예: 태양, 구름, 측정 대상의 위치보다 더 높은 건물이 주위에 있을 때)
- 부분적인 그림자(예: 주위 건물 또는 구조물의 그림자)

열화상의 해석

태양전지 패널의 일부분이 다른 부분보다 온도가 높으면 그 부분은 열화상에 뚜렷하게 나타납니다. 이런 부분은 그 모양과 위치에 따라서 몇 가지의 문제가 있는 부분입니다. 만일 패널 전체의 온도가 정상보다 높으면 회로의 연결문제일 수 있습니다. 태양전지가 개별적으로 여러 개 또는 몇 줄씩 온도가 높다면 바이패스 다이오드, 내부의 회로 단락, 또는 전지의 mismatch 등이 원인일 수 있습니다.



태양전지 패널을 열화상 카메라로 검사하면 앞쪽에서도 온도가 높은 부분을 쉽게 찾아낼 수 있다.

태양전지에 그늘이 지거나 균열이 생기면 열화상에 온도가 높은 점 또는 다각형으로 나타난다. 태양전지 또는 그 일부분의 온도가 비정상적으로 높으면 전지에 결함이 있거나 그늘이 진 것입니다. 부하를 연결한 상태와 분리한 상태, 회로단락 상태에서 각각 열화상을 촬영하여 서로 비교 검토하는 것이 좋습니다. 또한 패널 앞 뒤쪽에서 각각 촬영하여 비교하는 것도 유용한 정보를 얻을 수 있는 경우가 많습니다. 물론 이상이 있는 것으로 조사된 모듈을 전기적으로 시험하고 육안으로 검사하는 것도 필요합니다.

결론

태양광발전 시스템을 열화상 카메라로 검사하면 태양전지와 모듈, 전기적 연결 등에 잠재적인 문제가 있는 부분을 신속 정확하게 찾아내어 시정 조치를 취할 수 있습니다. 열화상 카메라를 사용하는 검사는 시스템을 중지시키지 않고 정상적으로 가동하고 있는 상태에서 실시할 수 있습니다.

정확하고 도움이 되는 데이터를 얻으려면 아래와 같은 측정 조건과 요령을 따르는 것이 좋습니다:

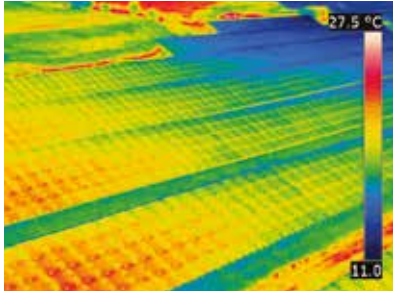
- 적합한 규격의 열화상 카메라와 부속 장치(엑세서리)를 사용한다.
- 충분한 태양 복사열량이 있을 것(최소500 W/m², 700 W/m² 이상이 바람직함)
- 시야각이 안전한 범위 내에 있을 것(수직에서 5도 ~ 60도 이내)
- 그림자와 반사광을 피할 것

열화상 카메라는 일차적으로 결함을 찾아내는데 사용됩니다. 발견된 이상 부위를 분류하고 평가하기 위해서는 태양광선 관련 지식, 태양발전 시스템에 대한 지식, 그리고 추가로 전기적인 측정이 필요합니다. 물론 측정 검사 과정과 결과를 문서화해야 하며, 이 문서에는 검사 조건, 추가 측정 자료, 기타 관련 정보를 기록해야 합니다.

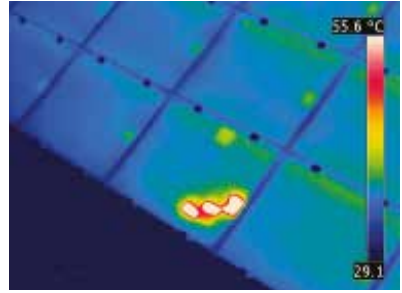
열화상 카메라를 사용하여 측정 단계에서 품질관리를 적용하고 정기적으로 검사하면 태양발전 시스템의 상태를 완전하게, 그리고 쉽게 모니터링 할 수 있게 됩니다. 또한 태양전지 패널의 기능을 유지하고 수명을 최대한으로 연장할 수 있는 방법입니다. 태양발전 패널을 열화상 카메라로 검사하는 것은 투자 수익성을 극대화할 수 있는 지름길입니다.



열화상 카메라로 태양발전 패널의 뒤쪽에서 촬영하면 앞쪽보다 반사광이 훨씬 더 작으므로 온도를 더 정확하게 측정할 수 있다.



열화상 카메라로 태양전지 패널을 검사할 때에는 적당한 각도에서 촬영하지 않으면 잘못된 결과를 얻을 수도 있다.

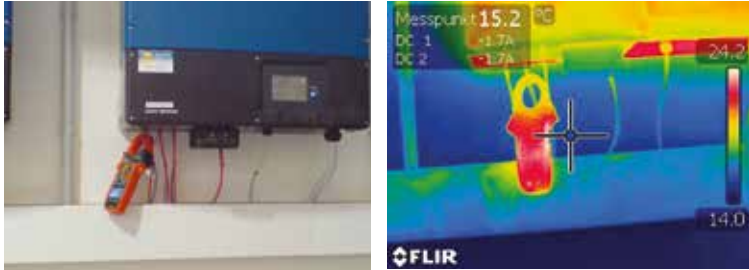


태양광발전소 위를 비행하면서 FLIR P660 열화상 카메라로 촬영한 열화상. (사진 제공: Evi Müllers, IMM)

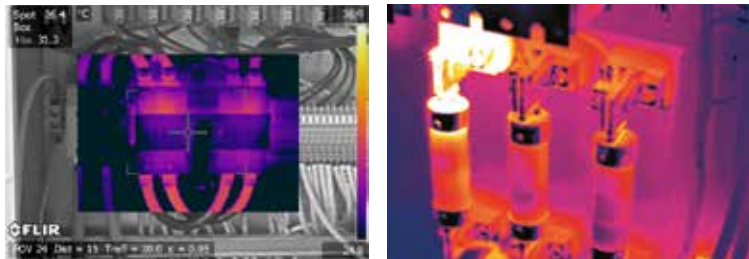
오류의 종류	사례	열화상에 나타나는 현상
제작 상의 결함	불순물과 기공	고온 또는 저온 스팟
	전지의 균열	보통 전지가 고온으로, 길게 나타난다.
손상	균열	보통 전지가 고온으로, 길게 나타난다.
	전지의 균열	전지 일부가 고온으로 나타난다.
일시적인 그늘	오염물질	고온 스팟
	새의 분비물	
	수분	
바이패스 다이오드 결함 (화로 과열, 회로 손상 가능성)	해당 없음	줄 무늬 형태
연결 불량	하나 또는 여러 개의 모듈 연결 불량	하나 또는 여러 개의 모듈이 계속 고온으로 나타남

표 1. 태양전지 모듈의 대표적인 문제(자료 출처: ZAE Bayern e.V., “Überprüfung der Qualität von Photovoltaik-Modulen mittels Infrarot-Aufnahmen” [“적외선 열화상을 사용한 태양전지의 품질 시험], 2007

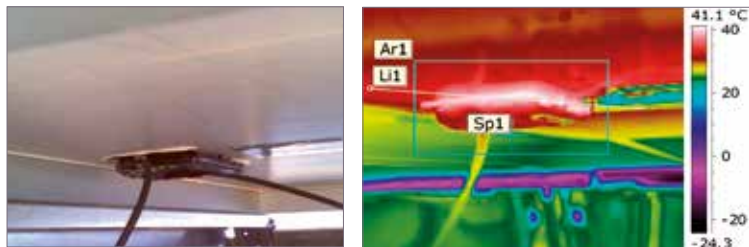
열화상 카메라로 할 수 있는 것은 태양전지 패널의 검사뿐만이 아닙니다. 전기 커넥터, 케이블과 전선, 인버터 등 태양광 발전소 내의 모든 전기 설비도 검사할 수 있습니다.



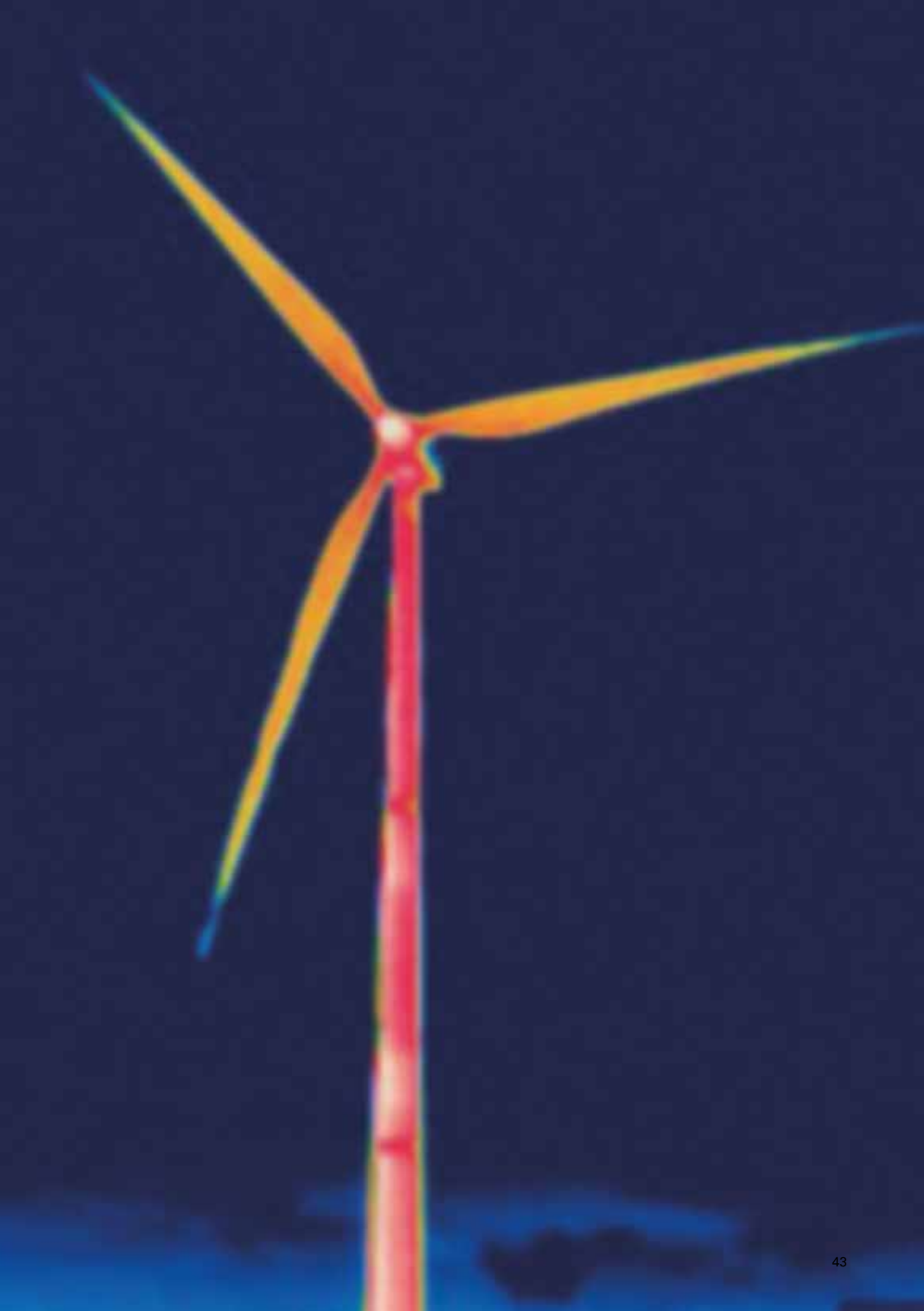
인버터는 태양전지 패널에서 발전되는 직류 전류를 교류로 변환하는 장치이다. 이 인버터의 검사에도 열화상 카메라를 사용할 수 있다. 또한 별도로 엑스테크(Extech) 클램프 미터를 사용하면 도움이 되는 데이터를 얻을 수 있다.



FLIR 열화상 카메라는 태양전지 패널뿐 아니라 전선, 커넥터, 퓨즈 박스 인버터 등 모든 전기 시설을 검사할 수 있다.



또한 FLIR 열화상 카메라로 불량한 연결부위 등 태양광발전소의 모든 장비를 검사할 수 있다.



6

열화상 카메라를 사용한 풍력발전기 검사

풍력발전기에서 생산되는 전력은 재생가능한 에너지의 대표적인 예입니다. 따라서 유럽은 물론 전세계에서 많은 풍력발전단지가 건설되고 있습니다. 그러나 풍력발전기는 지속적인 모니터링과 유지정비가 필요한 시설입니다. FLIR 열화상 카메라는 풍력발전기의 예방정비 프로그램 수립에 중요한 역할을 하고 있습니다.



FLIR의 열화상 카메라는 세계 각지에서 전기 및 기계 설비의 검사에 사용되고 있습니다. 열화상 카메라에서 얻어지는 열 데이터는 위험한 사고를 방지하고 불필요한 비용이 수반되는 시설의 가동중단을 막아줍니다. 풍력발전기도 그 중요 부분을 모두 FLIR 열화상 카메라로 모니터링할 수 있습니다.



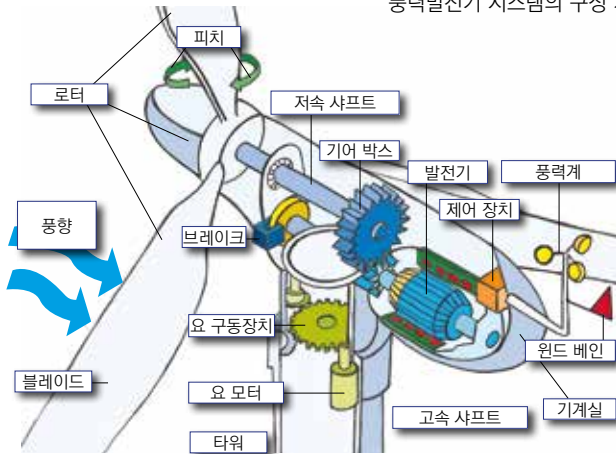
지상에서 찍은 풍력발전기의 열화상

사고 방지

풍력발전기에는 많은 전기 및 기계 부품이 사용되고 있습니다. 다른 설비들과 마찬가지로 풍력발전기의 부품들도 마모되고 손상될 수 있는 것입니다. 이런 경우 따라 가동이 중단되어 운전비용이 증가하고 나아가서 위험한 사고가 발생할 위험도 있습니다.

브레이크 장치 또는 변속기는 이러한 사고의 주요 원인이 되고 있습니다. 풍력발전기의 변속기와 브레이크는 날개가 너무 빠른 속도로 회전하는 것을 방지해줍니다. 이 두 가지 부품 중 어느 하나라도 고장이 발생하면 날개가 정상 속도보다 몇 배 더 빠르게 회전하여 날개에 설계치를 초과하는 응력이 작용하게 됩니다.

풍력발전기 시스템의 구성 개념도



인명사고의 위험

이렇게 되면 로터 날개 끝부분의 선속도는 시간 당 수백 km에 달하여 날개 한 개 또는 일부분이 로터에서 탈락되면 엄청난게 큰 운동에너지를 가지고 날아가게 됩니다. 이런 날개에 사람이 맞으면 생명을 잃을 수도 있는 것입니다. 부러진 날개의 큰 파편이 수십 km 이상 먼 거리에서 발견된 사례는 많이 보고된 바 있습니다.

열화상 카메라를 사용하면 이와 같은 사고를 방지할 수 있습니다. 기계 부품이나 전기 부품은 공통적으로 고장 또는 파손되기 전에 먼저 온도가 상승하는 특징이 있습니다. 열화상 카메라를 사용하면 이처럼 온도가 상승하는 부분이 고장 나기 전에 미리 발견할 수 있습니다. 비정상적인 온도를 가진 부분은 열화상에 뚜렷하게 나타나기 때문입니다.

열화상 카메라는 문제를 직접 눈으로 볼 수 있게 해줍니다.

다른 검사나 진단 기술은 설비 전체에 문제가 있는지 알려줄 수 있지만 열화상 카메라는 정확하게 어느 부분에 문제가 있는지 보여줄 수 있습니다. 그러므로 열화상 카메라는 베어링 축, 기어와 브레이크 등 핵심 부품의 고장 신호를 높은 신뢰도와 효율로 즉시 보여주므로 예방정비를 실시하거나 해당 부품을 미리 교체할 수 있습니다.

전체 시스템의 점검

열화상 카메라는 변압기, 커넥터, 제어장치 요 모터 등 전기 부품의 검사에도 사용됩니다. 실제로 열화상은 풍력발전기와 주변 전기 설비의 모든 전기적 기계적 부품을 함께 검사할 수 있는 유일한 기술입니다.

FLIR 열화상 카메라는 완벽한 도구

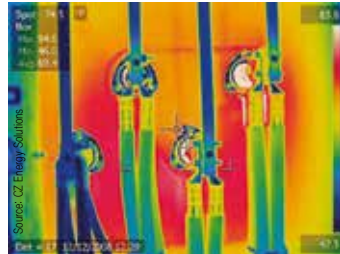
전세계의 풍력발전기 정비 기술자들은 대부분 열화상 카메라를 사용하고 있습니다. 현장에서 열화상 카메라를 사용할 때 중요한 사항 하나는 카메라의 디자인입니다. FLIR의 열화상 카메라는 모두 최대한 소형경량으로 설계되며, 인체공학적으로 디자인되어 사용이 매우 간편한 특징이 있습니다. 이것은 검사 대상인 풍력발전기가 수십 미터 이상 높이에 있다는 것을 생각하면 아주 중요한 장점이 되는 것입니다.



이 12톤 중량의 초대형 변속기와 디스크 브레이크는 크레인으로 60m 높이에 있는 풍력발전기에 설치된다.



풍력발전기의 트랜스미션을 열화상 카메라로 검사하고 있다. 이 검사는 지상 50m 높이에서 실시된다.



열화상 카메라는 풍력발전기 주위의 모든 시스템을 함께 검사할 수 있다. 삼상 커넥터 중에서 가장 오른쪽에 있는 것은 다른 것보다 온도가 비정상적으로 높다. 이 검사를 통하여 고장이 발생하기 전에 미리 수리할 수 있었다.

우수한 렌즈 또한 플리어시스템 열화상 카메라의 장점 중 하나입니다. 플리어시스템은 45° 및 90° 광각렌즈를 옵션으로 제공하고 있습니다. 이 렌즈들은 가까운 거리에서도 넓은 범위를 한 번에 검사할 수 있도록 해주는 것입니다. 특히 높고 좁은 풍력발전기를 검사할 때에는 뒤로 물러설 수 있는 간격이 없으며 또한 매우 위험하므로 광각렌즈가 필수적입니다.

플리어시스템은 다양한 기종의 정비 점검용 열화상 카메라를 제작 공급하고 있습니다. 기본 소형경량 모델인 i3부터 실용적인 Ebx- 및 B-시리즈, 그리고 고급 B660에 이르기까지 플리어시스템은 다양한 용도에 적합한 카메라를 공급하고 있습니다.



올바른 열화상 카메라 제작사의 선택 방법

열화상 카메라는 장기간 사용할 수 있으므로 열화상 카메라를 구입하는 것은 장기적인 투자입니다. 그러므로 용도에 가장 적합한 열화상 카메라를 선택하는 것만으로는 완전하지 못하며, 장기간에 걸쳐 신뢰성 있게 기술적인 지원을 제공할 수 있는 가장 우수한 제작사를 선택할 필요가 있는 것입니다.

훌륭한 제작사의 우수한 열화상 카메라 브랜드의 장점은 아래와 같습니다:

- **하드웨어**

사용자마다 열화상 카메라를 사용하는 용도와 목적이 다릅니다. 그러므로 광범위한 모델과 사양의 열화상 카메라를 공급할 수 있는 제작사를 선택하는 것은 매우 중요한 일입니다. 즉, 처음 사용하는 사용자부터 전문가용 모델까지 모두 제작하는 제작사라면 자신에게 최적화된 모델을 선택할 수 있게 됩니다.

- **소프트웨어**

어떤 용도이든지 열화상을 분석하고 고객이나 경영진에게 검사 결과를 보고하기 위하여 보고서를 작성하려면 여러 가지의 좋은 소프트웨어가 필요합니다. 그러므로 사용 목적에 적합한 소프트웨어를 함께 제공할 수 있는 열화상 카메라를 선택해야 하는 것입니다.

- **액세서리**

열화상 카메라의 사용에 익숙해지고 그 유용한 기능을 모두 구사할 줄 알게 된 후에도 각종 액세서리를 활용하면 더 다양한 기능을 이용할 수 있습니다, 그러므로 더 넓은 요구를 만족시켜 줄 수 있는 다양한 액세서리가 공급되어야 합니다. 다양한 종류의 렌즈와 디스플레이 등은 필수적인 액세서리입니다.

- **서비스**

건물 검사용으로 사용되는 열화상 카메라는 거의 모두 정비나 수리가 불필요할 정도로 신뢰성이 높지만, 필요할 때 즉시 이용할 수 있는 서비스 센터가 있어야 합니다. 또한 열화상 카메라는 정기적으로 재교정할 필요도 있습니다. 이런 경우에 FLIR 열화상 카메라의 사용자는 다른 제조업체의 카메라처럼 제작사가 있는 미국이나 유럽으로 보내는 대신 한국 내에 있는 서비스 센터를 이용할 수 있습니다.

- **교육 훈련**

적외선 카메라를 최적으로 활용하기 위해서는 고성능의 카메라 외에도 관련 지식과 이해가 필요합니다. 필요에 따라서 적절한 기술 교육을 제공해줄 수 있는 열화상 카메라 제작사를 선택하는 것은 중요한 일입니다.



8

최고의 솔루션 찾기

열화상 카메라, 소프트웨어, 교육의 적절한 조합을 조사할 때 평가 해야 할 6가지 주요 요구조건은 다음과 같습니다:

1. 화질
2. 온도분해능
3. 정확도
4. 카메라의 기능
5. 소프트웨어
6. 교육 훈련

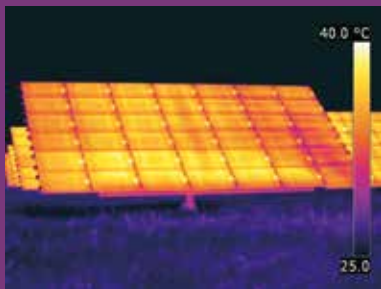
1. 화질

화질이나 카메라 해상도는 중요한 요인입니다. 가장 저렴한 모델의 해상도는 60 x 60 픽셀이며 최고급 모델은 640 x 480 픽셀입니다.

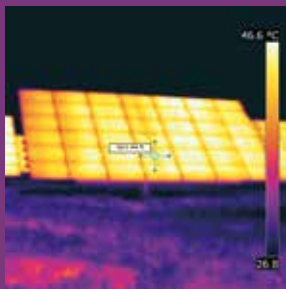
320 x 240 또는 640 x 480 픽셀 열화상 카메라는 탁월한 화질을 제공합니다. 고급 검사를 위해 640 x 480 픽셀 해상도는 전문 온도 기록장치에서 표준이 되고 있습니다.

640 x 480 픽셀 카메라는 하나의 이미지에 320 x 240 픽셀과 76,800 측정점을 가진 카메라보다 4배 더 많은 307,200 개의 측정점을 가집니다. 따라서 측정 정확성이 향상될 뿐만 아니라 화질에서도 큰 차이가 있습니다.

고해상도 이미지로 보다 정확하게 보고 측정하고 이해할 수 있습니다.



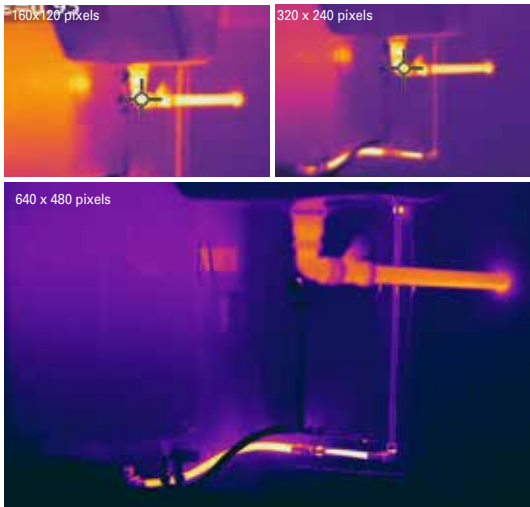
열화상: 640 x 480 픽셀



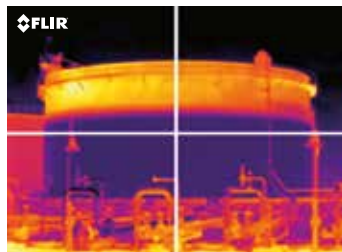
열화상: 180 x 180 픽셀

또한 분해능이 높은 카메라는 원거리 측정에서도 더 자세한 화질을 제공합니다. 분해능이 낮은 카메라와 비교하면 원하는 열적 정보를 상실하지 않고서 넓은 면적을 한 번에 조사할 수 있는 것입니다.

45도 렌즈가 장착된 640 x 480 픽셀 카메라를 이용할 경우, 한 이미지만으로 5미터 거리에서 약 4 m x 3 m의 면적을 검사할 수 있습니다. 45도 렌즈가 장착된 320 x 240 카메라로 같은 면적을 검사하려면 절반 거리에서 4장의 이미지가 필요합니다. 이는 현장에서 효율성을 향상시킬 뿐만 아니라 현장에서 촬영한 적은 수의 이미지로 문서 처리 시간을 줄일 수 있습니다.



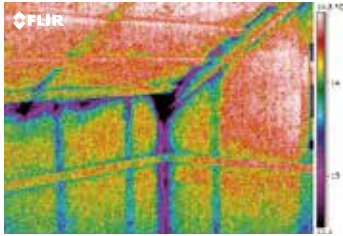
640 x 480 픽셀
열화상 1매 필요



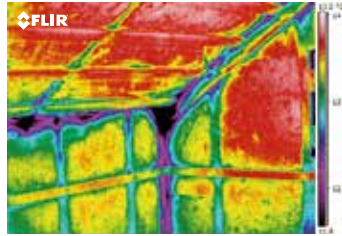
320 x 240 픽셀
절반 거리에서 열화상 4매 필요

2. 온도 분해능

온도 분해능은 카메라로 얼마나 작은 열 차이를 카메라로 감지할 수 있는지를 의미합니다. 온도 분해능이 높을수록 열화상 카메라가 촬영하여 시각화할 수 있는 최소 온도차가 더 작아집니다. 일반적으로 온도 분해능은 °C나 mK로 표시됩니다. 최고급 산업용 열화상 카메라의 온도 분해능은 0.03°C (30 mK)입니다.



온도 분해능 65 mK



온도 분해능 45 mK

이처럼 미소한 온도 차이를 정확하게 측정할 수 있는 능력은 거의 대부분의 열화상 응용 분야에서 매우 중요한 일입니다. 특히 온도 차이가 크지 않은 건물의 열진단에서 온도 분해능은 매우 중요한 성능이 됩니다. 온도 분해능이 높을수록 더 많고 더 자세한 데이터를 얻을 수 있으며, 따라서 더 정확한 진단과 판단이 가능해지는 것입니다. 다시 말하면 온도 분해능이 높은 카메라일수록 온도 차이가 작아도 더 자세한 측정이 가능합니다.

3. 정확도

모든 측정에는 오류가 있을 수 있으며 안타깝게도 열화상 온도 측정도 예외는 아닙니다. 여기에서 열화상의 정확도가 중요한 역할을 합니다.

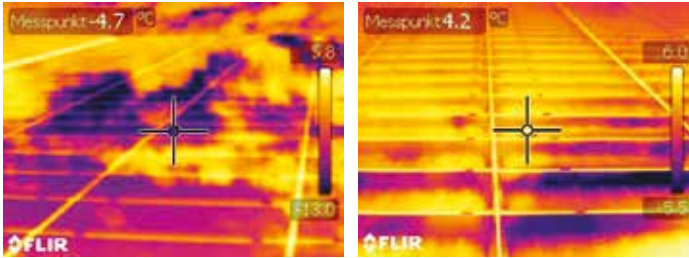
열화상 카메라 규격표에서 정확도는 퍼센트와 섭씨(°C) 두 가지로 표시됩니다. 이 것은 그 카메라의 최대 오차를 표시하는 것입니다. 즉, 측정된 온도는 표시된 퍼센티지 또는 온도(°C)만큼 실제 온도와 차이가 있을 수 있습니다.

현재 정확도에 대한 산업 표준은 $\pm 2\%$ / $\pm 2^\circ\text{C}$ 이지만 FLIR의 고급 카메라 오차는 $\pm 1\%$ / $\pm 1^\circ\text{C}$ 로 더 우수합니다.

4. 카메라의 기능

방사율(Emissivity) 및 반사된 겉보기 온도

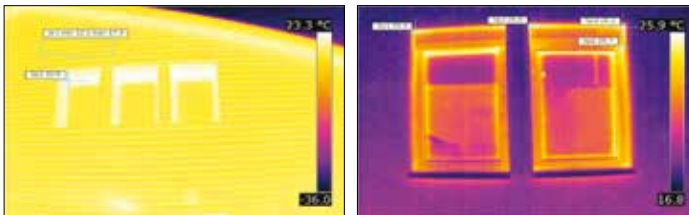
대상 물체의 방사율은 반드시 고려해야 하는 중요한 파라미터입니다. 건물 진단용 FLIR 열화상 카메라는 모두 사용자가 대상 물체의 방사율과 반사된 겉보기 온도를 설정할 수 있습니다. 방사율과 반사 겉보기 온도 파라미터를 설정할 수 있는 기능은 매우 중요한 것입니다. 그러므로 열화상 카메라를 구입하실 때에는 반드시 이 기능이 지원되는지 확인하셔야 합니다.



이 열화상은 반사광이 문제가 될 수 있다는 것을 분명하게 보여준다. 이 열화상에는 구름의 반사가 포함되어 있다. 반사광이 있으면 열화상에는 대상 물체의 표면 온도와 구름 등 반사된 물체의 겉보기 온도가 혼합되어 나타난다.

수동 레벨 및 스펠 보정

열화상 카메라에서 또 다른 중요한 기능은 디스플레이되는 열화상의 레벨과 스펠을 수동으로 설정하는 기능입니다. 이 기능이 없으면 열화상 카메라는 자동적으로 대상 장면에서 최저 및 최고 온도 사이의 모든 온도를 디스플레이 합니다. 그러나 용도나 목적에 따라서 최저부터 최고 온도 범위 사이에서 어떤 특정한 범위의 온도만 필요한 경우도 많이 있는 것입니다.



왼쪽의 자동 조절된 열화상에서는 스펠이 너무 넓다. 오른쪽 수동으로 조절된 열화상은 자동조절된 열화상에서는 보이지 않던 열이 누설되고 있는 부분을 선명하게 보여준다.

이슬점, 상대 습도 및 단열불량 알람

- 이슬점 알람:

이슬점은 어떤 체적의 공기 속에 들어 있는 수분이 응축되어 이슬이 되는 온도를 말합니다. 다르게 표현하면 이 온도에서 상대습도는 100%가 됩니다. 카메라 내의 몇 가지 파라미터를 조절하면 건물 구조의 결함으로 결로가 생길 수 있는 부분에 대하여 이슬점 알람 기능이 자동적으로 경보를 발신합니다.

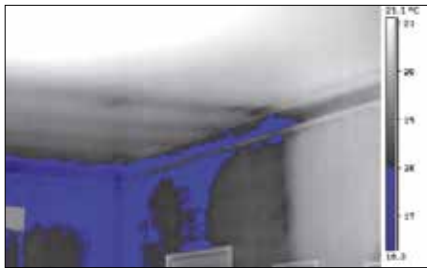
- 상대습도 알람:

경우에 따라서 상대습도가 100% 미만이라도 곰팡이가 발생할 수 있습니다. 이슬점 알람은 상대습도가 100%인 부분만 관리하므로 이런 부분은 검출하지 못합니다.

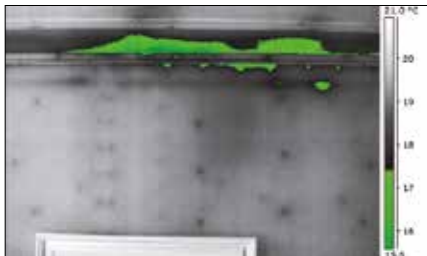
그러므로 상대습도가 100% 미만인 부분을 감지하기 위해서는 상대습도 알람 기능을 사용합니다. 즉, 알람이 울리는 상대습도를 입력 설정해줄 수 있습니다.

- 단열재 불량 알람:

이 알람은 건물에서 단열이 불량한 부분을 알려주는 기능입니다. 벽체 등에서 에너지가 손실되는 비율이 이 알람 설정값을 초과하면 자동적으로 알람이 발신됩니다.



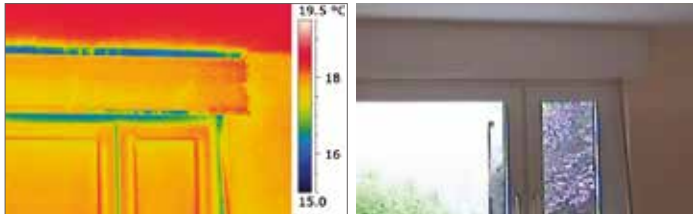
상대습도 알람 기능은 건물에 결로가 생길 염려가 있는 부분을 자동으로 알려준다. 이 그림에서 청색으로 표시되고 있는 부분이 결로 위험이 있는 부분이다.



단열 알람은 설정한 온도 이상 또는 이하인 부분을 다른 색상으로 표시해준다.

디지털 카메라

열화상에 표시되어 있는 대상 물체가 무엇인지 구분하기 어려운 경우가 있습니다. 이런 경우 디지털 카메라로 실화상을 동시에 촬영하면 대상 물체를 명확하게 볼 수 있습니다. 대부분의 FLIR 열화상 카메라에는 디지털 실화상 카메라가 내장되어 있습니다. 건물 진단 전문가들은 실화상을 열화상과 함께 촬영하여 열화상을 해석하는데 보조로 사용하고 있습니다.



열화상

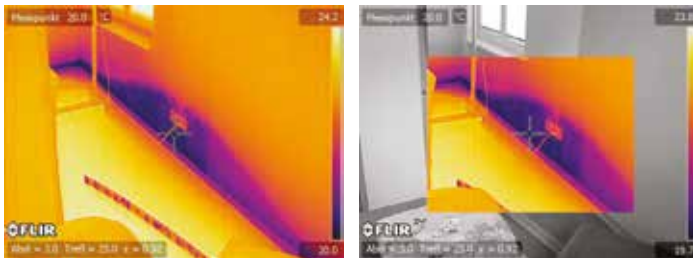
실화상

LED 조명

카메라에 조명이 달려 있는 경우, 내장된 디지털 실화상 카메라는 조명 상태에 상관 없이 Picture in Picture(사진 속 사진)와 Thermal Fusion(열화상 융합)기능을 최대한 활용하여 선명한 사진을 만들 수 있습니다.

실화상 내 열화상 삽입

이 실화상 내 열화상 삽입 기능으로 디지털 카메라의 실화상과 열화상 카메라의 열화상을 결합시킬 수 있습니다. 디지털 실화상 위에 열화상 프레임을 원하는 위치에, 적당한 크기로 조절하여 삽입할 수 있는 기능입니다. 이 기능을 통해 사용자는 문제가 있는 부분의 위치를 정확하게 찾아낼 수 있습니다.



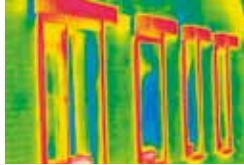
이 이미지는 물에 의한 손상 부위를 확실하게 보여준다. 실화상 내 열화상 삽입 기능이 없으면 열화상만으로는 이 손상 위치를 알기 어렵다.

열-실화상 합성

이 기능은 사용자가 원하는 온도 범위를 설정해주면 그 범위에 해당하는 부분의 열화상을 실화상 내에 겹쳐서 하나의 이미지로 표시해줍니다. 그러므로 문제가 있는 부분을 정확하게 지적할 수 있게 되어 효과적이고 효율적인 수리를 할 수 있습니다.



실화상



열화상



열-실화상 합성

레이저 포인터

일부 열화상 카메라에는 레이저 포인터가 장착되어 있습니다. 이 장치는 여러 가지 면에서 매우 중요합니다.

레이저 포인터를 통해 사용자는 열화상 카메라의 렌즈의 초점 부위를 정밀하게 볼 수 있습니다. 버튼 하나만 누르면 열화상 카메라가 가리키는 지점을 정확하게 볼 수 있어 측정 대상물을 추측하지 않고 식별할 수 있습니다.

또 다른 이유는 안전입니다. 산업 현장에서 손가락으로 물체를 가리키는 것은 위험할 수도 있습니다. 레이저 포인터는 이러한 위험을 없애줍니다.

교환 가능한 렌즈

열화상 카메라를 사용하고 이것이 제공하는 이점을 알게 된 후에 요구조건이 달라질 수도 있습니다. 교환식 렌즈를 이용해 열화상 카메라를 모든 상황에서 사용할 수 있습니다. 대부분의 경우, 표준 렌즈가 가장 적합하지만 다른 렌즈가 필요한 경우도 있습니다.

작업 현장에서는 검사 공간이 협소하여 촬영 거리를 확보할 수 없는 경우가 많습니다. 이때 광각렌즈를 사용하면 문제가 해결됩니다. 광각렌즈를 사용하면 대상 물체에서 몇 미터 이내의 거리에서 전체 대상을 검사할 수 있습니다.

건물 진단 시에 광각렌즈를 사용하면 물과 몇 미터 거리에서 건물 전체를 검사할 수 있는 것입니다. 검사 대상 물체가 멀리 있는 경우에는 망원렌즈가 필요합니다. 망원렌즈는 크기가 작거나 먼 거리에 있는 물체를 검사하는데 적합합니다.

인체공학적인 설계 및 간편한 사용법

사용하는 모든 도구는 가볍고 소형이며 사용이 간편해야 합니다. 대부분의 예방 정비 관리자는 장시간 열화상 카메라를 사용하기 때문에 인체공학적인 설계는 매우 중요합니다. 메뉴 설정과 물리적 버튼 역시 효율적인 사용을 위해 직관적이어야 하며 사용자 위주로 구성되어야 합니다.

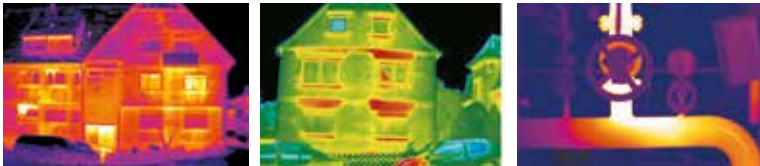


플리어시스템은 모든 열화상 카메라에서 무게, 기능 및 사용 편의성이 완벽하게 조화되도록 노력하고 있습니다. 이러한 방침을 통해 여러 번 디자인 상을 수상했습니다.

이미지 포맷

신속한 보고를 위해 열화상 카메라가 열화상 이미지를 저장하는 이미지 포맷은 중요한 요소입니다. 일부 열화상 카메라는 열 데이터와 이미지를 전용 포맷으로 저장합니다. 이 때문에 열화상 이미지를 표준 JPEG 이미지로 변환하려면 추가 소프트웨어가 필요합니다.

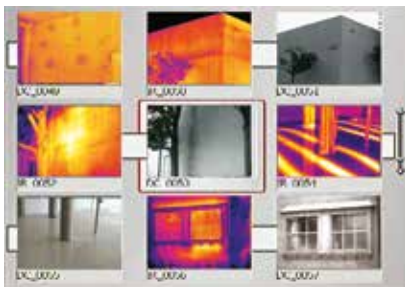
FLIR 카메라는 완전한 라디오메트릭 JPEG 이미지를 제공합니다. 이 말은 모든 온도 데이터가 이미지에 포함되며 이 이미지를 표준 소프트웨어로 쉽게 통합할 수 있음을 의미합니다.



모든 FLIR 열화상 카메라는 이미지를 JPEG 포맷으로 저장합니다.

이미지 전체 보기

열화상 이미지를 기록할 때, 카메라 메모리에 이전에 기록한 열화상 이미지를 찾아 비교할 수 있습니다. 따라서, 모든 FLIR 열화상 카메라는 원하는 이미지를 신속하게 찾기 위해 저장된 열화상 이미지를 신속하게 검토할 수 있는 편리한 섬네일 이미지 갤러리 기능을 가지고 있습니다.



텍스트 및 음성 메모 삽입

검사 및 문서화 단계를 좀 더 신속하게 하기 위해, 일부 열화상 카메라에는 내장된 터치 스크린 키패드로 텍스트를 기록하여 훨씬 쉽고 빠르게 보고서를 작성할 수 있습니다. 일부 열화상 카메라의 경우 음성 녹음을 할 수도 있습니다. 이를 통해 열 검사 동안 노트 작성 시간을 별도로 할애하지 않아도 됩니다.



GPS 위치 기록

특정 열화상 이미지를 어디에서 찍었는지 잊으셨습니까? 그 위치를 기억해 내기 위해 기록해 놓은 노트를 찾을 수 없습니까? 일부 최고급 사양에는 GPS 기능이 장착되어 있어 열화상 이미지에 위치가 함께 표시됩니다. GPS 기술을 통해 촬영한 열화상 이미지의 위치 정보를 기록할 수 있습니다.



외부 시험 및 측정장치에 대한 호환성

어떤 설비의 상태를 완전하게 파악하기 위해서는 온도 데이터만으로는 부족할 수도 있습니다. 그러므로 건물 진단 전문가들은 습도계 등 다른 측정장치를 보조로 사용하고 있습니다. 습도계로 측정한 데이터는 기록지에 기록한 후 건물진단 보고서를 작성할 때 보고서에 다시 기입합니다. 그러나 이 방법은 비효율적이며 사람에 의하여 오류가 생길 수도 있습니다.

신뢰성 있게 효율적인 건물 진단을 위하여 플리어시스템에서는 습도계로 측정한 습도 데이터를 블루투스 MeterLink 무선연결을 통하여 열화상에 자동적으로 삽입 기록할 수 있습니다. Extech 다목적 습도계 등 외부 측정장치의 데이터를 사람이 일일이 손으로 기록하는 것은 이미 옛날 일이며, 이제는 자동적으로 무선 링크를 통해 카메라 내에 해당 열화상과 함께 기록 저장됩니다.



MeterLink 연결을 통하여 Extech 습도계의 측정값을 자동으로 FLIR 열화상 카메라에 전송 기록한다.

무선 연결

WiFi 기술을 통해 카메라에서 스마트폰이나 태블릿 PC (iPhone 또는 iPad)로 직접 이미지를 전송하여 카메라와 즉각적으로 무선 통신을 할 수 있습니다.



5. 소프트웨어

건물 검사를 한 후에는 그 결과를 고객에게 보고하거나 동료와 공유하게 됩니다. 그러므로 열화상을 분석하고 종합적인 검사 보고서를 작성하는 것은 중요한 일입니다. 그러므로 열화상 카메라를 구입하실 때에는 보고서 작성 소프트웨어가 함께 제공되는지 반드시 확인하십시오.



열화상 카메라와 함께 제공되는 대부분의 소프트웨어로 기본적인 보고와 분석을 수행할 수 있습니다. 단일 지점의 온도 측정과 기타 기본 측정 도구가 포함됩니다. 세부적인 분석과 보고 기능이 필요한 경우, 열화상 카메라 제조업체는 보다 광범위한 소프트웨어 패키지를 제공해야 합니다. 이 패키지의 기능은 다음을 포함해야 합니다:

- 유연한 보고서 페이지 설계 및 사용자가 설정한 보고서 레이아웃
- 강력한 온도 분석 도구: 여러 지점, 구역, 온도차 측정
- 3중 혼합 Picture-in-Picture (이동, 크기, 단위 변경 가능)
- 트렌딩 기능
- 열화상 측정 값을 사용한 공식 생성
- 보고서에서 직접 방사 측정 순서 재현
- 보고서에서 이미지를 신속하게 찾기 위한 탐색 기능
- 여러 이미지를 하나의 이미지로 결합하기 위한 파노라마 기능

우수한 분석 정보와 열 관련 보고서를 갖고 있다면 경영자나 고객에게 잠재적 문제가 있는 곳을 분명하게 보여주어 예방 조치에 대해 그들을 설득할 수 있습니다.



6. 교육훈련의 필요성

FLIR는 세계적인 교육센터인 적외선 교육센터(Infrared Training Center; ITC)와 협력하여 사용자들에게 다양한 수준의 교육 훈련 과정을 제공하고 있습니다. ITC에서는 단기 과정부터 장기 인증 과정까지 다양한 과정을 제공합니다. 더 자세한 정보는 인터넷 www.infraredtraining.com 또는 www.irtraining.eu를 방문하시기 바랍니다.



9

열화상 검사 실행 방법

열화상 카메라를 구입하여 이제 열화상 기술을 이용하여 검사를 실시할 수 있게 된 후에는 처음 시작하는 단계를 이해할 필요가 있습니다. 아래에서는 처음 사용하시는 분들을 위해 몇 가지 열화상 실무 기술을 설명하고자 합니다.

1. 할 일을 먼저 파악하십시오.

먼저 의뢰인과 면담하여 검사하고자 하는 건물의 상태에 대한 설명을 들으십시오. 예를 들어 최근 에너지 소비량이 크게 증가한 일이 있는지 등이 참고 정보가 됩니다. 또한 실내가 추운지, 외기가 침입하는 지 등을 조사하십시오. 그 다음 건물의 내부와 외부의 온도를 측정하여 온도 차이가 건물의 열진단에 충분한 수준인지 확인합니다. 내외의 온도 차이는 10℃ 이상인 것이 바람직합니다.

2. 건물 외부에서부터 검사를 시작합니다.

건물 외부에서부터 열적 검사를 시작합니다. 이 단계에서 단열재가 누락되거나 열교현상(또는 냉교현상)이 있는 부분을 찾을 수 있습니다. 상태가 양호한 부분도 열화상을 촬영해두는 것이 필요합니다. 양호한 부분의 열화상과 문제가 있는 부분의 열화상을 비교 검토하면 문제의 심각한 정도를 알 수 있습니다.

3. 건물 내부에서 열적 검사를 계속합니다.

다음 단계는 건물 내부의 상태를 조사하는 것입니다. 건물의 내부 검사에는 충분한 준비가 필요합니다. 이러한 준비는 정확한 데이터 측정을 위해 필수적인 사항입니다. 예를 들어 외벽에 붙어 있는 가구를 옮기거나 커튼을 치우는 일 등입니다. 이런 준비는 검사를 시작하기 6시간 전에 실시하여 가구의 단열효과가 열화상에 영향을 주지 않도록 하는 것이 좋습니다. 앞서 설명한 것과 같이 건물 내외부의 온도가 10℃ 이상 차이가 있어야 정확한 열화상 진단을 할 수 있습니다.

이런 준비가 완료되고 조건이 맞으면 열화상 카메라로 건물 내의 모든 공간을 스캔합니다. 이때 각 열화상을 촬영한 위치를 정확하게 기록해야 합니다. 예를 들어 건물 평면도에 화살표로 열화상 촬영 위치와 각도를 표시하는 방법이 가장 바람직합니다.

4. 기밀 시험 준비

벽이나 지붕에 있는 틈새는 비록 작은 것이라도 상당량의 외기가 침투할 수 있습니다. 찬 외기가 침입하면 실내 거주 환경이 나빠질 뿐만 아니라 큰 에너지 손실이 따르게 됩니다. 외기의 침입은 건물 난방에 소비되는 에너지의 절반까지 차지할 수도 있습니다. 보통 블로워 도어(Blower Door)라고 부르는 방법으로 작은 틈새도 찾아낼 수 있습니다.

이 방법은 건물 내외부에 압력 차이를 주어서 외기 침입량을 확대하는 것입니다.

이 시험에는 교정된 송풍기, 도어 패널 장치, 송풍기 유량과 건물 내의 기압을 측정하는 장치가 사용됩니다. 도어 패널을 사용하여 송풍기를 건물 출입구에 일시적으로 밀봉하여 설치합니다. 송풍기로 공기를 건물 내로 불어넣거나 외부로 불어 내어서 건물 내외부에 압력 차이가 생기도록 합니다.



블로워 도어 시험에서는 송풍기를 보통 건물 출입구에 설치한다.

블로워 도어 시험 시스템에서는 송풍기를 설치하여 건물 내로 공기를 취입하거나 외부로 취출하여 건물 내외부에 압력 차이를 만듭니다. 외기 온도가 더 낮을 때에는 대부분 공기를 건물 외부로 불어 냅니다. 그 결과로 건물 내부의 압력이 외부 기압보다 낮아지며, 그 차이는 보통 50 Pa 정도입니다.

이 압력 차이에 의하여 찬 외기가 건물 벽이나 지붕의 틈새를 통하여 대량으로 침투하게 됩니다. 찬 외기는 틈새가 있는 부분의 온도를 낮춥니다. 이 온도 차이는 열화상에 뚜렷하게 나타나므로 외기가 침입하는 위치와 경로를 정확하게 찾아낼 수 있는 것입니다.

5. 분석 및 보고서 작성

건물 내 모든 공간의 조사가 완료되면 열화상을 분석하고 요약하여 보고서를 작성하게 됩니다.

이때 플리어시스템의 전용 소프트웨어 프로그램인 FLIR Tools, BuildIR, 그리고 마이크로소프트사의 WORD 프로그램과 호환되는 Reporter 프로그램을 사용하면 종합적인 건물 열진단 보고서를 쉽고 빠르게, 효율적으로 작성하여 고객에게 제출하거나 동료에게 제공할 수 있습니다.



FLIR BuildIR 소프트웨어 프로그램

FLIR BuildIR 소프트웨어는 열화상을 분석하고 외기의 침투, 단열 시공의 결함, 열교현상, 결로 문제 등 건물에 있는 모든 열과 관련된 문제점을 수치 데이터로 표시하여 보고서를 작성할 수 있게 해줍니다. 또한 전용 기능으로 에너지 손실량을 비용으로 환산해줍니다.

이 소프트웨어에는 이미지 편집기가 포함되어 열화상을 높은 수준으로 분석할 수 있으며, 파노라마 기능과 센서 톨 기능으로 검사하는 동안의 현장 상태와 조건을 시각적, 그래프 등으로 표시할 수도 있습니다. 파노라마 기능은 여러 장의 이미지를 서로 연결하여 하나의 큰 이미지로 만들 수 있으며, 이때 필요 없는 부분을 잘라내거나 시각을 맞추어 줄 수도 있습니다. 뿐만 아니라 Grid/ Area Quantifying 기능, Energy Cost Estimation Calculator(에너지 비용 계산기) 그리고 건물의 열진단에 사용할 수 있는 다양한 고객 맞춤형 보고서 양식이 제공됩니다.

FLIR Reporter 프로그램

이 프로그램은 널리 사용되고 있는 마이크로소프트사의 Office 프로그램(Word 프로그램포함)과 완전히 호환되므로 사용이 쉽고 편리합니다. 거의 모든 사람이 Word 프로그램을 사용할 수 있으므로 이 프로그램의 사용법을 별도로 익힐 필요가 없으며, 자동 맞춤법, 문법 체크 기능을 이용할 수 있습니다.

FLIR Reporter 프로그램은 실화상 내 열화상 삽입, 열화상 융합, GPS 위치 데이터 내장, 디지털 줌, 칼라 팔레트 변경, 현장에서 녹음한 음성 메모 듣기, 보고서를 자동으로 PDF 파일로 변환하기 등 다양한 기능을 제공합니다.

FLIR Inspection Report

Project Date: 2007-01-02

Company: FLIR Systems, Inc.
Address: Box 1
City: Mesa, Arizona

Customer: Mr. Johnson
Address: 12345 Main St
City: Phoenix, AZ

Image and Object Parameters

Camera Model: FLIR SC300
Image Size: 1024 x 768 @ 15 Hz
Frame Rate: 15 Hz
Sensitivity: Auto
Background Temperature: 25.0 °C
Object Distance: 2.0 m

User Comments

Description

FLIR Reporter is a software application that can be used to create, edit, and print inspection reports. It can be used to create reports for a variety of different types of inspections, including thermal imaging, video, and still photography. The software is easy to use and can be used by anyone who has a computer and a FLIR camera.



FLIR i3 / i5 / i7



FLIR Ebx-Series



FLIR B-Series



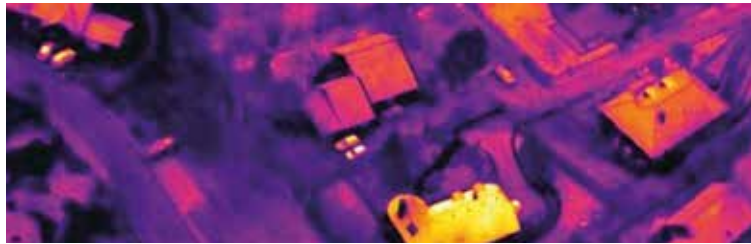
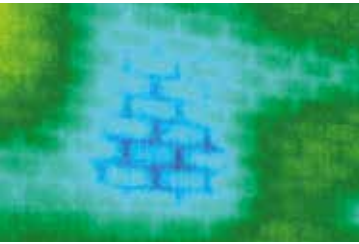
FLIR T640bx



FLIR B620/B660



계열등록시, 열화상 카메라의 보증기간은 2년, 다목적 보증기간 10년으로 연장해드립니다.



FLIR 열화상 카메라 전문가에게 문의해 주십시오

(주)플리어시스템코리아

서울 특별시 강남구 삼성로 566,

6층(삼성동, 구구빌딩)

전화:(02)565-2714~7

팩스:(02)565-2718

이메일:flir@flirkorea.com

홈페이지:www.FLIR.com

www.FLIR.com