

능동적 적외선 열화상을 이용한 GFRP 복합재료의 결함 검출 Defect detection in GFRP Composite Material by Using Active Infrared Thermography

*박희상¹, #최만용¹, 박정학¹, 허용학²

*H. S. Park¹, #M. Y. Choi(mychoi@kriss.re.kr)¹, J. H. Park¹, Y. H. Huh²

¹한국표준과학연구원 안전측정센터, ²한국표준과학연구원 재료측정표준센터

Key words : glass fiber reinforced plastic, active, passive, thermography

1. 서론

최근 산업의 추세가 고경량화 고강성화의 추세로 진행되는 과정에서 경량부재로써 복합재료의 사용이 급격하게 늘어나고 있는 추세이다. 복합재료(Composite)란 기존의 구조물 재료로 많이 사용되어온 금속합금과는 달리 두 종류 이상의 구성소재가 각각의 거시적인 특성을 유지하면서 우수한 물성을 서로 보완적으로 이루도록 인위적으로 만들어진 소재로 정의할 수 있으며, 대표적인 복합재료는 CFRP(Carbon fiber reinforced plastic), GFRP(Glass fiber reinforced plastic), 등이 널리 사용되고 있으며 이러한 재료는 우주항공, 자동차, 철도, 건축구조물 및 풍력발전 블레이드 등 여러 응용분야에서 사용이 점차 확대되고 있지만 이에 대한 비파괴 평가기술은 기존에 시행해왔던 비파괴기술과 크게 다르지 않은 상황이다. 특히 풍력블레이드나 항공기 동체의 경우 제작공정 혹은 운용중에 다양한 결함이 발생할 가능성이 존재하는데 현재는 대부분 육안을 통한 검사나 음향방출(Acoustic emission)을 통한 운용성 검사 또는 초음파 탐상(Ultrasonic C-scan) 방사선을 이용한 X-ray 또는 Tomography기법을 통한 검사들이 활용되고 있으나 넓은 범위의 재료에서 작은 결함을 검출하는데 많은 시간과 비용이 소모되는 어려움이 따랐다. 이러한 복합재료의 비파괴 검사의 대안으로 적외선 열화상 검사법이 독일등의 선진국을 중심으로 진행되고 있다. 적외선 열화상검사(Infrared Thermography;IRT)의 경우 비접촉으로 주간과 야간의 제약이 없으며, 넓은 범위를 한번에 검사할 수 있는 장점과 함께 모든 결과를 시각적인 이미지로 데이터를 얻을 수 있어 점차 그 활용범이 늘어나고 있다. 이러한 열화상 검사방법에는 대상체가 자체적으로 발산하는 방사열을 특징하는 수동적

(passive) 검사방법과 대상체에 별도의 에너지를 가하며 그 대상체의 방사열의 변화를 검출하여 측정하는 능동적(active)방법이 사용되고 있다. 본 논문은 능동적 검사방법을 사용하여 복합재료에 존재하는 결함을 검출하는 연구를 수행하였다.

2. 능동적 검사 방법

2.1 광적외선 열화상 검사방법

광 적외선 열화상 검사는 입사에너지를 광원으로 하여 검사하는 방법을 통칭하여 이야기하는 방법이다.[1] 광 적외선 열화상 검사 장치는 광원 가열장치와 적외선 열화상 카메라로 구성되며, 시험중 시험편과 외부 열원과의 열교환을 최소화하기 위하여 Fig 1과 같이 단열챔버 내부에 실험장치를 구성하였다. 광원 램프는 좌우 하나씩 출력 1 kW, 거리 2 m로 설치, 적외선 카메라는 프랑스 Cedis의 Silver 480m 모델 (NEDT: 25 mK)을 사용하였다. 적외선 열화상의 검출 감도를 위하여 시험편 표면은 완전한 방사율 값이 1인 흑체에 가까운 조건을 만족시키기 위하여 검정색 무광 페인트로 도포하였다.

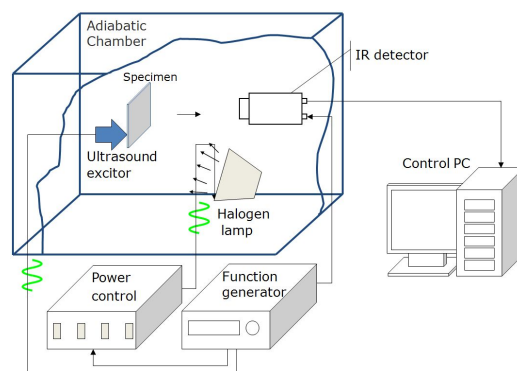


Fig. 1 System config of Ultrasound infrared thermography and Optical infrared thermography

2.2 초음파 적외선 열화상 검사방법

초음파열화상검사기법은 짧은 초음파 펄스 (펄스폭:50~300 ms, 주파수:15~100 kHz)를 검사시편에 인가하여 결함 부위에서 마찰 등에 따른 국부적인 열이 발생되도록 한다. 적외선 열화상 카메라는 초음파 펄스 인가 전, 후의 시간 경과에 따른 결함 부위의 발열현상을 기록 저장하고 이를 영상 처리하여 검사 시편의 결함을 찾아낸다.[2] 또한 파장 길이보다 훨씬 먼 거리를 진행할 경우에도 초음파는 충분한 진폭 에너지를 가지면서 전파된다. 실험 장치는 Fig. 1에서 램프와 앰프를 제외한 장치가 그대로 사용되며 초음파 혼이 포함되어 사용된다. 초음파 혼은 검사 대상체에 접촉하여 가진한다.

3. GFRP 시험편의 결함 검출

적외선열화상을 이용하여 복합재료 적층판 내부의 결함 검출을 위해 본 과제에서는 결함의 종류 (Disbond, Inclusion)와 크기 그리고 깊이에 따른 복합재료 적층판 결함 시험편을 제작하여 비교하였으며, 사용한 복합재료의 종류는 전자 PCB기판, 풍력발전용 블레이드 등에 적용되는 소재로서 에폭시 수지에 일 방향 E-glass 유리섬유를 함침시킨 SKY FLEX UGN 150을 함께 사용하여 평가하였다. 시험편의 전체적인 형상과 결함의 모양 및 위치는 Fig. 2와 같다.

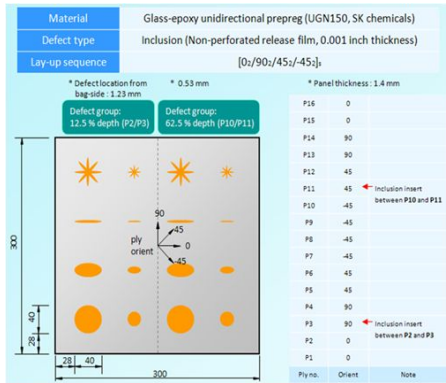


Fig.2 Disbond defect composite specimen

광적외선 열화상 검사를 통하여 Inclusion 결함의 경우 Disbond 된 부분의 결함의 조건에 따라 검출의 확률이 달리 나타남을 확인할 수 있었다. 광적외선으로 결함 검출 실험을 하였을 때 바닥에서 62.5% 높이에 위치한 결함은 잘 나타났으나 상대적으로 12.5%의 높이(표면에서 87.5%)의 깊이

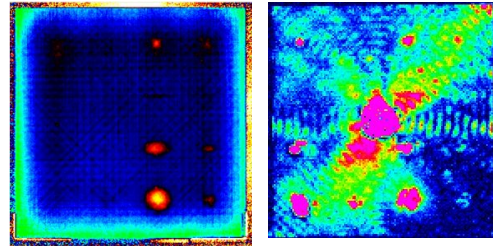


Fig. 3 Optical Infrared thermography and ultrasound infrared thermography

에 있는 결함은 검출하지 못 하였다. 광적외선 열화상 검사결과와 달리 초음파 적외선으로 가진 하였을 때에는 12.5%로 깊은 부분의 결함을 검출하는 결과를 나타냈었다. 상대적으로 표면에 가까운 부분인 62.5%의 결함형태는 일부는 나타났지만 전체적으로 결함을 검출하지는 못하였다. 이러한 결과는 결함부에서 발생하는 발열조건의 충족 여부에 따라 이러한 결과가 발생함을 판단할 수 있었다.

4. 결론

능동적 열화상 검사결과 광적외선 검사시 Inclusion 결함의 형상이 정확히 나타났지만 깊이에 따른 불검출부분이 발생하였다. 초음파적외선 검사의 경우 광적외선으로 검출이 되지 않는 깊이의 결함을 검출할 수 있었으나, 발열 메커니즘에 의한 영향으로 Inclusion결함은 검출이 되지 않았다.

후기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.20103020020010)

참고문헌

1. G. Busse, "Infrared and thermal testing: technique of infrared thermography," Nondestructive Testing Handbook Series III (3rd Ed), X. P. V. Maldague, P. O. Moore Ed., ASNT, Columbus, USA, pp. 318-328 (2001)
2. R. B. Mognogna, Et al, "Thermographic investigation of high-power ultrasonic heating in materials", Ultrasonics, Vol. 19, pp. 159-163, (1981)