

CFRP 튜브의 원공결함 검출을 위한 와전류 탐상기법 개발

김철웅*(고려대 공학기술연구소), 송삼홍(고려대 기계공학과), 이정순, 송일(세안기술(주))

주제어 : 와전류탐상(Eddy Current Testing, ECT), 탄소섬유강화 플라스틱 튜브(Carbon Fiber Reinforced Plastic Tube, CFRP Tube), 원공결함(Hole Defect), MRPC 탐촉자(MRPC Probe), S/N비(Signal/Noise Ratio)

탄소섬유강화 플라스틱(Carbon Fiber Reinforced Plastic, 이하 CFRP)과 관련된 최근의 연구동향은 주로 판재형상의 CFRP 시험편을 이용하여 금속재보다 피로균열성장에 대한 저항성이 우수함을 증명하는 것이 연구의 주류를 이룬다. 그러나 최근 들어 CFRP의 활용방안이 극대화되면서 기계적 강도와 부식저항 특성이 우수한 탄소튜브의 활용이 구체화되고 있다. 따라서, 튜브형태의 CFRP 적층재의 피로거동 특성에 대한 연구가 절실하다. CFRP 적층재의 피로거동은 반복하중에 의한 결함·균열·층간분리 영역 등의 국부적 손상이 재료전체의 피로저항성을 악화시키는 형태가 대표적이다. 따라서 CFRP 손상부의 비파괴적 관찰기법은 부하초기부터 끝까지 동일한 시험편을 이용하여 결함부의 변화양상을 관찰해야만 정확하고 일관된 결과를 유도할 수 있다. 현재, CFRP 적층재의 결함부 관찰을 위한 비파괴적 탐상기법으로는 주로 초음파 C-스캔 탐상법을 이용하고 있다. 그러나 초음파 C-스캔 탐상은 매질로 물을 사용하기 때문에 탐상 이후 CFRP 적층재의 손상 및 기계적 특성 저하가 수반되어 사이클 단계마다 다른 시험편을 적용해야하는 단점이 있다. 따라서, 초음파 C-스캔 탐상법은 동일한 시험편으로 단계마다 변화하는 결함부 피로거동을 정확히 측정하기에는 한계성이 따르는 기법이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 단점을 극복하고자 와전류 탐상(Eddy Current Test, 이하 ECT)을 이용한 기법을 시도하였다. ECT는 검사속도가 빠르고 접촉매질이 필요하지 않으므로 동일 시험편을 사이클 단계마다 적용하여도 탐상으로 인한 시험편의 손상 및 기계적 특성변화가 발생하지 않는 장점이 있다. 그럼에도 불구하고 국내적으로 CFRP 튜브의 결함검출을 위한 와전류 탐상기법의 연구는 아직까지 보고된 바가 없다. 따라서, 본 연구에서는 와전류 탐상법을 이용한 CFRP 튜브의 결함 검출법에 대해 연구를 시작하게 되었고, 많은 시행착오를 통하여 CFRP 튜브의 결함검출을 위한 와전류 탐상기법 개발에 성공하게 되었다. 본 연구는 초기 단계로 다음과 같은 내용을 수행하였다. 1) CFRP 튜브의 개발. 2) CFRP 튜브의 S/N비 분석을 통한 결함검출 특성 파악. 3) 측정가능한 원공결함 가공 및 표준시험편 개발. 4) 원공결함 깊이의 변화(20%, 40%, 60%, 80%, 100%)에 따른 와전류 신호 분석. 이상의 단계로 연구가 수행되었다. 초당 신호검출수(sampling rate) = 1391 samples/sec, MRPC 탐촉자 회전수 = 520 rpm으로 연구를 수행한 결과, 총 5개의 채널(500, 300, 200, 100, 20 kHz) 중에서 300 kHz가 최적의 검사주파수임을 확인할 수 있었다. 또한, 결함깊이 변화에 따른 와전류 신호의 위상각 및 크기의 변화를 이용하여 결함형상에 따른 와전류 신호 관계를 해석할 수 있었다. 이상의 결과는 추후 반복하중을 받는 CFRP 튜브의 피로거동 해석의 중요한 기초연구자료가 될 것으로 판단된다.

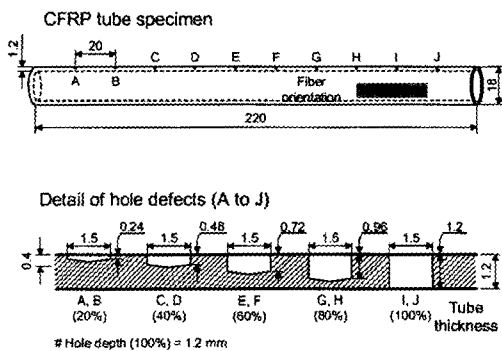


Fig. 1 Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP) tube specimen

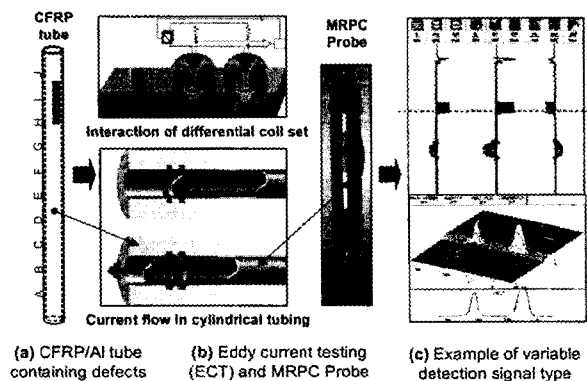


Fig. 2 Schematic designs of Eddy Current Testing (ECT) for CFRP tube specimen