

CFRP 軸の超音波垂直探傷  
**第2報 厚物及び、剥離を有する場合について**  
 Ultrasonic Testing For CFRP Shafts Using  
 Normal Beam Method Part 2 : In The Case  
 Of Thick Body With Delamination

後藤英信、勝又健一、高井元弘

平成3年10月

日本非破壊検査協会

平成3年度秋期大会 講演概要集

先進複合材料である C/G・FRP ハイブリッド構造のプロペラ推進軸（1/10スケールモデル）は実船試験運転に用いられ、従来の鋼製よりも、低振動でかつ強度も十分であることが確認された。これは、先進複合材料をプロペラ推進軸へ適用することが可能であることが裏付けられるものである。今後は、非破壊検査により探傷が可能であることが確認されれば実用化できる。今回、前報の軸の2倍の縮尺である1/5スケールモデルを用いて、検査体の大きさと超音波検査の信頼性との関係を調べた。

試験用 CFRP 軸は、外径80mm、肉厚20mmである。欠陥は、薄い銅片及びテフロン片挿入のものと、局所的な剥離である。超音波探傷は欠陥部の断面を円周方向  $\pi/8$ ステップで全周行った。各々の探傷位置では種々の波形が得られるが、これらの波形は全てが独立した欠陥とは限らないため、波形の出現原因を吟味して欠陥の深さ方向の位置を求めた。

この方法は、1：媒質（CFRP）内部の異種層（銅、テフロン、空気）における層からの反射率と通過率の計算と、2：試験体内部の反射と探触子に戻る率とを解析するものである。波形の反射源が分かった場合には、その深さは前報で提唱した方法、AC 波形のスペクトラムから求めた。

銅及びテフロンを有する位置で複数の波形が観察された。

この部分には剥離があることが X 線写真によっても確認された。そして、上記した方法で波形の解析を行い、欠陥の断面像を表示した。この表示像は X 線写真と比較した場合、深さ方向の精度は  $\pm 0.5\text{mm}$  以内であった。銅及びテフロンより深いところにある剥離の検出が可能であり、位置も高精度で求めることができた。

肉厚が20mm の CFRP 軸の欠陥を前報の 5 mm の軸の時と同程度で検出することが出来た。また欠陥のない所での底面エコーは十分な振幅をもっていた。

(118)

円孔を有する FW 中空円筒軸のねじり強度評価  
 Failure of Filament Wound Tubes having a Circular  
 Hole  
 高井元弘、勝又健一  
 平成3年11月  
 機械学会材料力学講演会、講演論文集

FW（フィラメント・ワインディング）成形複合材軸は、繊維積層配向角により機械的特性が異なり、異方性を示すが、この性質が実際の軸に存在すると考えられるノッチ、孔あるいは欠陥などの応力集中部のねじり強度特性に及ぼす影響を明らかにする必要がある。円孔を有する積層平板の強度特性についての報告例は数多くあるが、中空軸に関するものはあまりみられない。

本報告では、円孔を持つ繊維積層配向角を変えて成形した CFRP、GFRP、AFRP 中空軸のねじり試験を行い、軸材料の異方性が円孔応力集中部のねじり強度特性に及ぼす影響について調べた。

強化繊維の配向角は  $\pm 20^\circ$ 、 $\pm 45^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$  の 3 種類とし、マトリックスは  $150^\circ\text{C}$  硬化形の FW 用エポキシ樹脂で、繊維体積含有率は 60% とした。中空軸は、外径25mm、肉厚 3 mm であり、円孔の径はそれぞれの複合材中空軸について 1.0、2.0、3.0mm の 3 種類とした。ねじり試験では、ねじりトルク、軸表面歪の測定を行うと共に、円孔からの破損の発生を検出するため 2 個の AE センサーによる AE 計測も行った。

AE 発生位置の解析により円孔を有する中空軸の破壊の発生は円孔径 1.0mm の場合を除いていずれの複合材軸においても円孔部より生じ、破壊に至ったことが推定され、このことは、破面が円孔部を貫通している巨視的な破壊形態とも一致した。円孔部からの破壊の発生位置は繊維積層配向角によって異なり、3 次元厚肉シェル、8 節点アイソパラメトリック要素を用いた有限要素法により得られた円孔周辺部の応力分布より説明できた。円孔を有する中空軸の破断せん断応力の平滑中空軸の破断応力に対する低下の割合は円孔径によって異なり、また繊維積層配向角の違いによっても変化し、いずれの複合材料においても同様な傾向を示した。