

CFRP 超音波探傷技術のご紹介

はじめに

CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics) とは炭素繊維と樹脂を織り込み焼成された炭素繊維強化複合材のことで、重さに対する強さ・剛性、すなわち比強度・比剛性に優れており、構造の軽量化にきわめて効果的な材料とされています。近年では航空機、船舶、車両分野での適用が進んでおり、最新鋭航空機Boeing787は機体構造重量の約50%をCFRPが占めています。

このような適用範囲の拡大に伴い、CFRPの強度的な信頼性に対する要求も高まっています。非破壊検査はこれらの要求に応える有効な検査手法の一つであり、生産現場や保守現場で多く採用されています。CFRPは鉄やアルミなどの金属材料と比較して、異方性、低熱伝導性、低導電性などの物性を示しており、また成形時に層間剥離や微小ポイドのようなきずが入りやすいという特徴があります。これらの特徴から、超音波探傷法が有効な検査法として使用されています¹⁾。CFRPに超音波探傷法を適用する場合、内部に複合されているエポキシなどの樹脂の影響で、金属材料と比較して超音波強度減衰が大きくなります。そのため高周波の超音波探傷を適用することはできません(最大でも25MHz程度)。また周波数成分についても材料透過時に大きな低下が見られます。

ここでは、CFRPの超音波の減衰について、金属材料と比較してご紹介致します。

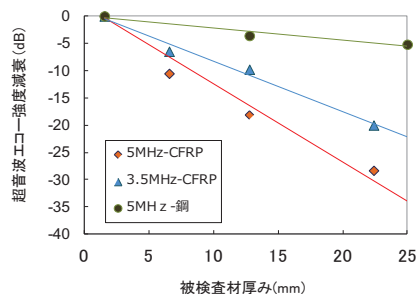


図1 被検査材の厚みと材質による超音波エコー強度減衰

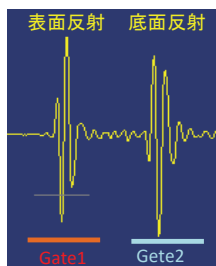


図3 一方向材積層(多方向に積層)CFRPパネルの超音波反射エコーFFT結果

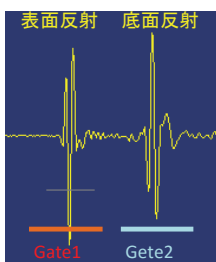


図4 クロス材積層CFRPパネルの超音波反射エコーFFT結果

超音波強度の減衰

図1に被検査材の厚みと材質により超音波のエコー強度がどの程度減衰するかを示します。CFRPについては3.5MHzと5MHzの2種類の超音波周波数でデータ採取しています。CFRPでは3.5MHz周波数で0.9dB/mm、5MHz周波数で1.3dB/mmの減衰があります。一方、鋼を5MHzの周波数でデータ採取したところ、0.2dB/mm程度となり、CFRPと鋼の超音波減衰には5倍以上の差があることが分かります。これはすなわち、鋼と同等感度で検査する場合、鋼の1/5程度の厚みのCFRPが限界ということになります。

高周波数成分の低下

超音波強度の減衰とともに、高周波成分の低下も見られます。またこれらの特徴は、炭素繊維の形状や積層方向などの複合材の構造によっても変化します。

CFRPには、一方向(UD)材と網目状に織り込まれたクロス材とが存在します。一方向材は多方向に積層することで必要な物性を得ることができるという特徴があります(図2)。

図3に、一方向材を多方向に積層したCFRPパネルに公称周波数3.0MHzの周波数の超音波を伝搬させたときの、表面反射エコーと底面反射エコー及びそれらのFFT演算結果を示します。パネルを透過した底面反射のピーク周波数は表面反射と比べて4%程度の低下が見られます。

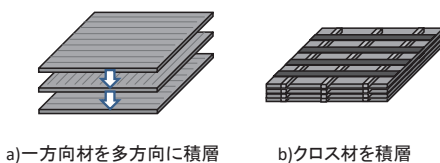
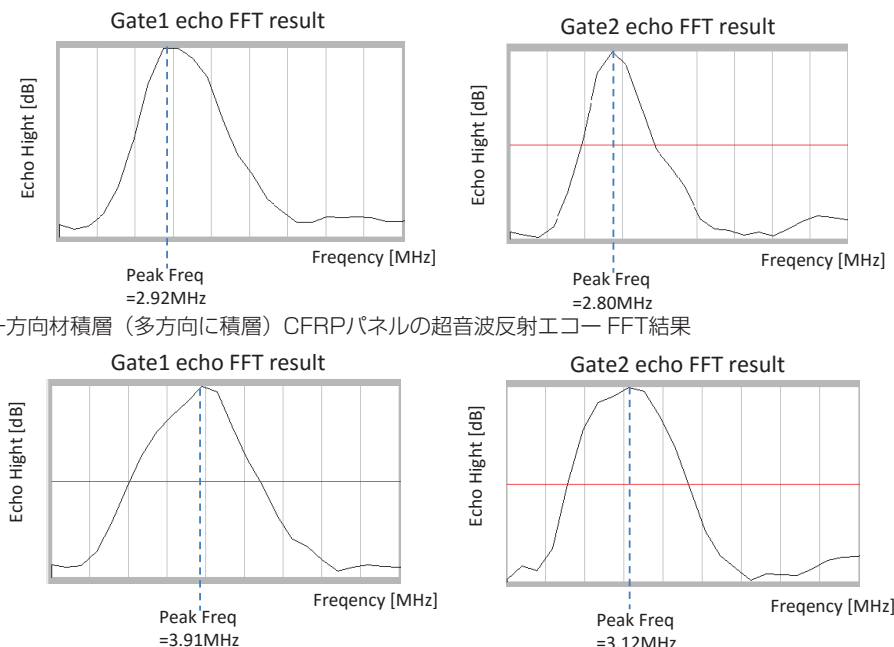


図2 CFRP繊維方向と積層方向



一方、クロス材のCFRPパネルに公称周波数4.0MHzの超音波を伝搬させた時のデータを図4に示します。こちらは20%程度のピーク周波数低下が見られます。

このように複合材の構造によって超音波の伝搬特性は大きく異なります。これは複合材に含まれる粘性樹脂による吸収と炭素繊維による散乱が関係しています。特に周波数成分の低下は空間分解能の低下につながり、微小きずの検出や評価が困難になる場合があります。

おわりに

CFRP中を超音波が伝搬する場合、金属と比較して周波数の低下とともに振幅の減衰が大きくなります。高い周波数で検査出来ないため、空間分解能が低下し、さらに繊維の織り込み方向や各構成材の材質の影響も大きく受けるために、CFRPの超音波探傷は金属と比較して困難となります。しかし、近年ではアレイプローブや波形成合技術の進歩によりこのような課題も徐々に解消できるようになってきております。

当社計測・検査事業部は、お客様のニーズに応じた、CFRP超音波探傷の様々な検査システムのご提案をさせていただきます。

お問い合わせ先

計測・検査事業部 技術営業部

西岡 智裕

TEL06-6414-2268 FAX06-6411-7694

E-mail: nishioka-tomohiro@nsst.jp

<参考文献>

- 1) 土門齊・越出慎一「やさしい非破壊検査技術」工業調査会 1996 P162-171