

散乱媒質を含む固体中の超音波伝搬特性について

関野 晃一（機械・材料技術部 材料評価グループ）

横内 正洋（機械・材料技術部 材料物性グループ）

1. はじめに

建築構造物には、建材の腐食を防止する目的として、塗装が施されている。このような塗装には、種々の塗料が用いられており、中でも、ガラスフレーク入りの塗料は、建材の長寿命化に有効な塗料の一つである。

しかし、ガラスフレーク入りの塗料は、建築構造物の維持管理のために実施される超音波板厚測定において、ガラスフレーク(散乱媒質)が超音波を散乱させるため、底面エコーの識別性が悪くなると考えられる。また、この散乱媒質は媒質の大きさ、材質、形状によって、散乱減衰の大きさも異なると予想される。

この散乱減衰による影響を明らかにするために、サンドブラスト用のガラスビーズ(散乱媒質)を塩化ビニル樹脂に配合した塗料を作り、試験片の底面で反射した超音波の強さとガラスビーズ径の関係について調査した。

2. 実験及び結果

(1)試験片

図1に試験片の形状を示す。材質はSS400で、試験片の表面は、#300の紙やすりで表面を粗くし、ガラスビーズ入りの塩化ビニル樹脂を塗装した。裏側は、黒皮のままとした。

表1にガラスビーズ径および試験片に塗装したコーティングの膜厚を示し、図2にガラスビーズの画像を示す。ガラスビーズの粒度は#320、#120、#60で、直径の平均値Dは、それぞれ58 μ m、138 μ m、303 μ mである。このガラスビーズを塩化ビニル樹脂に対して20wt%の割合で配合し、刷毛で試験片に塗装した。乾燥後の塗料の膜厚tcを電磁誘導式膜厚計で測定したところ、351 μ m $\leq$ tc $\leq$ 463 μ mであった。

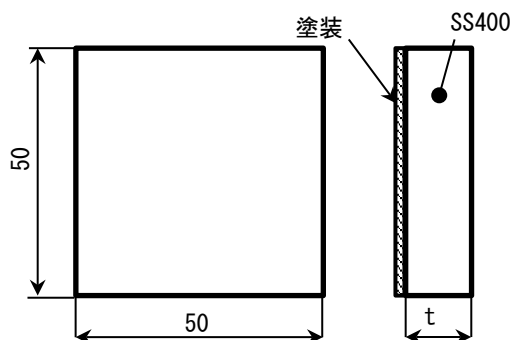


図1 試験片形状 (単位: mm)

(2)測定装置および方法

測定装置は、超音波探傷装置、探触子、オシロスコープから構成した。超音波探傷装置は、市販の装置（GE インспекション テクノロジーズ社、USN60）を用いた。探触子は、振動子寸法 ϕ 10mm、中心周波数2MHzおよび5MHzの垂直探触子で、狭帯域と広帯域のものである。

図3に測定方法を示す。測定方法は、一探触子法で接触媒質にグリセリンペーストを用いた。探傷装置の感度は、底面エコーBが探傷装置の波形表示画面で80%になる感度とした。

測定結果は、図3(b)に示したAスコープ波形が得られる。このAスコープ波形には、塗装と鋼の界面で反射した超音波のエコーIと底面で反射した超音波のエコーB(底面エコー)が識別されることになる。

結果は、エコー高さおよび板厚の測定値で整理した。エコー高さによる整理では、ガラスビーズ径58 μ m

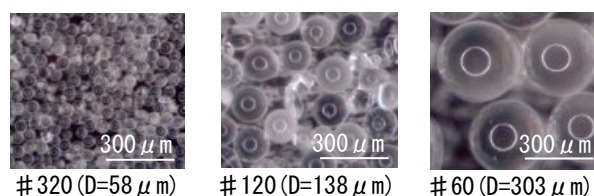


図2 ガラスビーズ

表1 ガラスビーズの仕様と塗装の膜厚

粒度	ガラスビーズ径 (μ m)			板厚 t (mm)	膜厚 t_c (μ m)
	最小値	最大値	平均値 D		
320	53	63	58	11.4	351
120	125	150	138	11.3	381
60	250	355	303	11.4	463

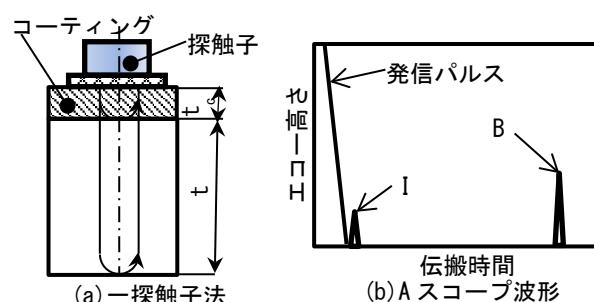


図3 測定方法

の試験片で得られた底面エコーを基準として、それぞれの条件で得られた底面エコーの感度差で整理した。板厚測定の結果は、マイクロメータで測定した板厚(実測値)と超音波で測定した板厚(測定値)で整理した。

(3)測定結果

図4に、中心周波数 $f=5\text{MHz}$ におけるガラスビーズ径 $58\mu\text{m}$ と $303\mu\text{m}$ の A スコープ波形を示す。図中の A は発信パルスで、B が底面で反射した超音波を示している。塗料と鋼の界面は、塩化ビニル樹脂の音速を 2330m/s として膜厚測定の結果を基に界面の伝搬時間を求めると、図中の○印付近でエコーが識別されることになるが、A スコープ波形上では、発信パルスに妨害され、塗料と鋼の界面で反射した超音波は識別することができなかった。実際の建築構造物などの板厚測定では、塗装の上から測定することがあり、塗装と鋼の界面が識別できない場合、膜厚計などで塗装の膜厚を測定し、その結果と底面エコーの伝搬時間から板厚を求めることになる(R-B方式)。本研究においても、R-B方式を採用し、板厚を求めることとする。

図5は、ガラスビーズ径 $58\mu\text{m}$ の底面エコーを基準として、それぞれの条件の底面エコーの感度差で整理した結果である。中心周波数 $f=2\text{MHz}$ の結果は、ガラスビーズ径を変えてもほぼ一定の傾向を示しているが、 $f=5\text{MHz}$ は、ガラスビーズ径が大きくなると、底面エコー高さは低くなる傾向であった。

図6に板厚測定の結果を示す。この図は、横軸にマイクロメータで板厚を測定した結果(実測値)を示し、縦軸に超音波で板厚を測定した結果(測定値)を示している。中心周波数 $f=2\text{MHz}$ では、測定値に大きな差が生じるが、 $f=5\text{MHz}$ においては、マイクロメータの測定値に対して $\pm 0.2\text{mm}$ 以内の差であった。また、周波数帯域においては、広帯域の方が実測値に近い傾向を示した。このことから、板厚測定の結果においては、 f が高い条件の方が有利であることがわかる。

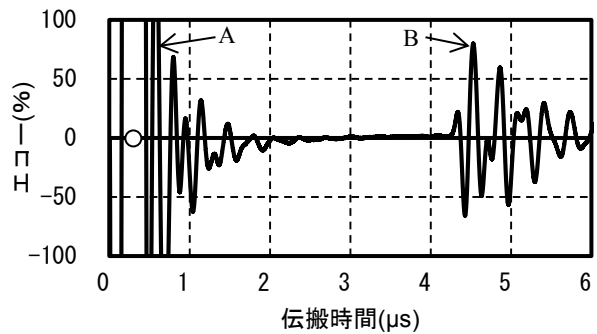
以上のことから、散乱媒質を有する材料において、エコー高さの観点では、板厚測定で用いる探触子の中心周波数は低い方が、エコーが強くなるため有利である。しかし、板厚の測定精度を重視する場合は、周波数の高い探触子を用いた方が有利であることがわかった。

3. 考察及び今後の展開

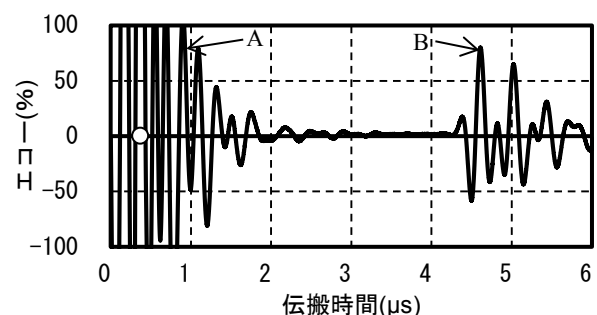
散乱媒質としてガラスビーズを塩化ビニル樹脂に混合した塗料を使って、ガラスビーズ径と超音波伝搬特性を調査したところ、散乱物質が大きくなると、底面エコーは低下する傾向を示した。このような傾向は、粗大結晶の金属材料と同様の傾向で、塗料中のガラスビーズで超音波が反射・屈折することで散乱が生じ、底面エコーが低下したと考えられる。

板厚測定精度については、中心周波数が高いほど、実測値に近い傾向を示した。これは、中心周波数が高いと、媒質中を伝搬する超音波の波長が短くなり、時間分解能が高いためである。探触子の中心周波数を高くすれば、板厚測定精度も向上する可能性があるが、前述したように、中心

周波数を高くすると散乱減衰の影響を受けて底面エコーの識別性が悪く、塗料の状態や要求される板厚測定精度の条件によって探触子の周波数を選定する必要がある。



(a) ガラスビーズ径 $58\mu\text{m}$ (探傷器感度: 39.9dB)



(b) ガラスビーズ径 $302.5\mu\text{m}$ (探傷器感度: 46.0dB)

図4 Aスコープ波形(広帯域, 中心周波数 5MHz)

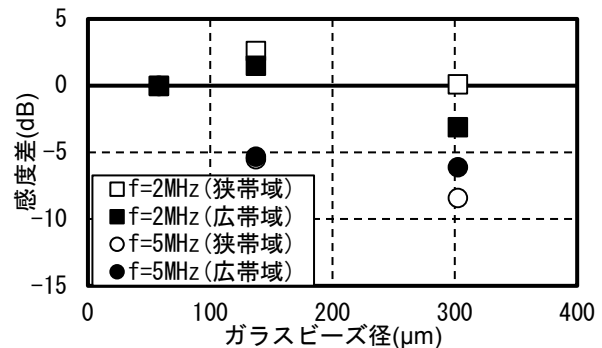


図5 ガラスビーズ径が底面エコー高さに及ぼす影響

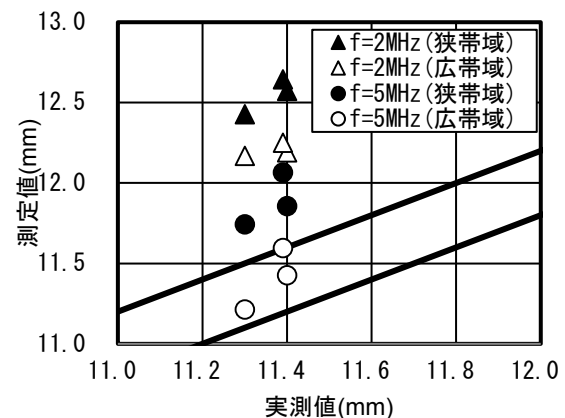


図6 板厚測定結果