

FRP漁船の制振材の選定について

誌名	水産工学研究所報告
ISSN	03889718
巻/号	4
掲載ページ	p. 107-113
発行年月	1983年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



FRP 漁船の制振材の選定について

——漁船機関の発生する振動の低減について——

久保 敏*

目 次

1. はじめに	107	4.5 T_{60} の決定の仕方	109
2. 考え方	107	5. 計測結果	109
3. 使用した板の諸元	108	5.1 η と周波数の関係	109
4. 計測方法	108	5.2 単板との比較	111
4.1 損失係数 η	108	5.3 η の温度依存性	111
4.2 減衰波形の記録法	108	6. あとがき	112
4.3 再生法	108	参考文献	112
4.4 温度条件	109	Summary	113

1. はじめに

漁船機関が発生する振動を低減させるには機関の防振支持が効果的と思われるが推力を機関で受ける方式の漁船には採用は困難である。

次に考えられるのは伝搬中の減衰の大きな材料を採用することである。このような効果を持たせる素材として制振材と呼ばれるものがある。これは基板の片側に適当な厚さで密着して用い、特に拘束型と呼ばれるものが効果があるとされている。

最近 FRP 漁船が多くなっている。FRP は鋼に比べエネルギーの吸収が大きいが一層の効果を上げるには制振材の利用が必要である。この場合注意しなければならないのは FRP との相性を考えなければならない。

既存のものとして剛性を上げるためサンドイッチ構造にしている例があるが中の素材を適当に選択すればエネルギー吸収の大きい板とし利用出来る可能性がある。

今回は減衰特性を表示するものとして損失係数 η を用い 5 種類の板について相互比較した。

2. 考 え 方

文献¹⁾によれば船舶の振動は、その発生源近傍に顕著

で、少し離れると急激に下降し、それ以遠は大きな変化はないとされている。このため防振は発生源近傍で行うのが効果的である。

FRP 船の機関による振動の低減を考えるには、上記に基づきエンジンルーム内において極力減衰させておく必要がある。

制振材の使用法には次の 2 種類がある²⁾。

- a) 非拘束型
- b) 拘束型

機関台の下に用いるには拘束型が好ましいと考えられる。なぜなら機関の重量に耐えるための板が必要である

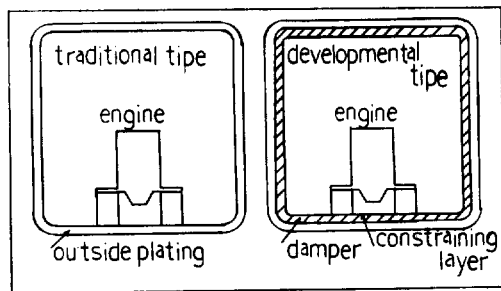


図 1 エンジンルーム—従来型と改良型

Engine room—traditional type and developmental type

* 漁船工学部

からである。逆にいえば機関重量に耐えられる板が結果的に拘束層になると言いかえることができる。

そこでエンジンルームを図1の様にし、エンジンルーム内でエネルギーの消耗を計る。FRP 漁船では図中の外板に相当するのはFRP板となる。

次に制振材の選定が必要になる。数多い制振材の中から適当なものを選ぶ際に注意すべきことは、FRPとの相性を考慮しなければならない。密着性の良い制振材を選ぶ必要がある。

拘束型モデルに近いものとしてサンドイッチ構造のFRP板がある。これは本来鋼性を高めるために用いられているが、見方によっては塩化ビニールの発泡体等を制振材とした拘束型制振材と見なせ、流用出来る可能性を持つ。使用上の問題点は特に見あたらない。

3. 使用した板の諸元

板を作るにあたっての仕様は次のようなものであった。Mat 450 g/m², R.Cloth, 570 g/m² 単板はMRMRMRM, サンドイッチ板は制振材の両面にそれぞれMRMRMRMとMRM。制振材には以下の4種類を候補として選定した。

- a) パルサ (商品名 カンタコア) 厚さ 10 mm
- b) ポリエステルファイバーと塩化ビニール粒の混合物 (商品名 コアマット) 厚さ 4 mm
- c) 塩化ビニール発泡体 (商品名 ビニールフォーム) 比重 0.1 厚さ 10 mm
- d) 塩化ビニール発泡体 (商品名 ビニールフォーム) 比重 0.1 厚さ 15 mm

製作はFRP 漁船造船所に依頼した。出来上がった板の寸法・重量は以下の様であった。

- 1) 単板 104×154×0.4⁵ cm 11.39 kg
- 2) サンドイッチ板 (各制振材別に示す)
 - a) パルサ 101×151×1.6⁵ cm 20.89 kg
 - b) ポリエステルファイバーと塩化ビニール粒の混合物 (4 mm) 102×150×0.9⁵ cm 18.34 kg
 - c) 塩化ビニール発泡体 (10 mm) 92×151×1.6⁵ cm 16.56 kg
 - d) 塩化ビニール発泡体 (15 mm) 92×151×2.1⁵ cm 17.98 kg

以後は制振材を商品名で呼びたい。

4. 計測方法

4.1 損失係数 η

η は $\tan\phi$ (ϕ : 力と変位の位相差) であり、対数減衰

率 d との間に、 $\eta = d/\pi$ の関係があり²⁾、振動エネルギーの熱エネルギーへの変換の度合いを表わす。 η の計測には拡散振動法を用い次式で近似的に計算される。

$$\eta = \frac{2.2}{T_{60} \cdot f} \quad \begin{matrix} T_{60}: 60 \text{ dB 減衰するに要する時間} \\ f: \text{周波数} \end{matrix}$$

4.2 減衰波形の記録法

図2に示すように測定用の板を宙吊りにし、中央部へ振動ピックアップを瞬間接着剤にて固定する。これにより得られた振動減衰波形を増巾しデータレコーダーへ記録する。記録時のテープ速度は 38 cm/s である。ハンマーは減衰波形を得る目的で板に衝撃を与えるために用いる。

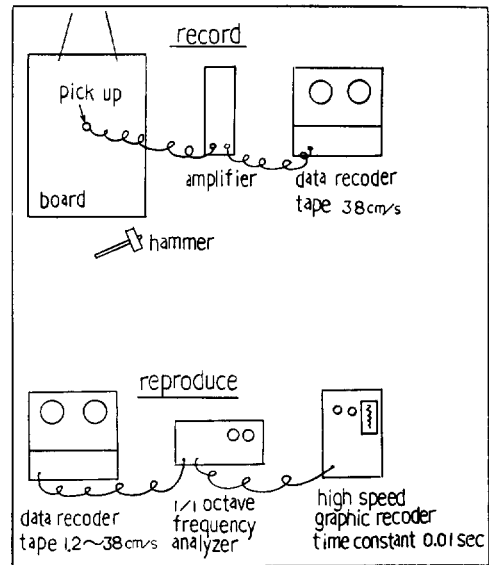


図2 記録法と再生法
Record and reproduce diagram

4.3 再生法

記録した減衰波形をデータレコーダーより再生し、1/1 オクターブ周波数分析器を通し、高速グラフィックレコーダーにレベルを記録する。同レコーダーの時定数は 0.01 sec であり計測に限界があるため再生テープ速度は、1.2, 2.4, 4.8, 9.5, 19, 38 cm/s の6段階の適当な速度を選択した。当然ながら再生速度に応じ周波数分析器の設定周波数を変化させなければならない。記録時のテープ速度を V とし、再生時を v とすれば、計測周波数 f と設定周波数 F の間には、 $F = f \cdot v/V$ の関係がある。

4.4 温度条件

プラスチック系の性質は温度依存性が強いので、これを見るための測定時の気温は 23, 25, 27, 29°C の 4 条件で行なった。

4.5 T_{60} の決定の仕方

拡散振動法から損失係数を求めるには、振動が 60 dB 減衰する時間 T_{60} が必要になるが、S/N 比の限界から、直接これを計測することは不可能である。このため 30 dB 下降する時間 T_{30} を求め $T_{60} \approx 2 \times T_{30}$ とした。減衰波形は図 3 に示すように必ずしも直線的に減衰していないため、この測定法では若干の誤差が出ることはやむを得ない。

各 T_{30} は 5 個のデータの平均値をとっている。

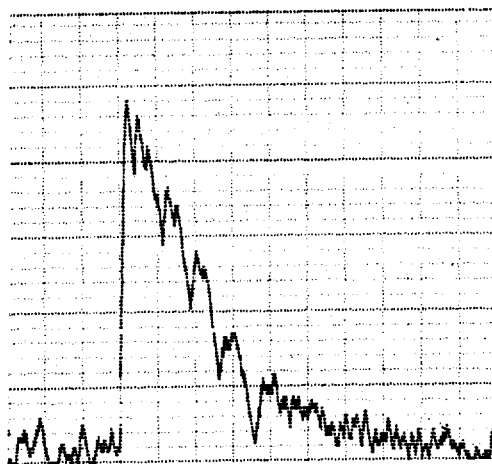


図 3 減衰波形の一例

An example of damping wave form

5. 計測結果

5.1 η と周波数の関係

$T_{60}(2 \times T_{30})$ を求め、4.1 に示した式に従い η を算出した。結果を図 4 に示す。

単板 (○印) やコアマットを制振材にしたもの (△印) は周波数依存性が比較的小さい。これに対しビニールフォーム (10 mm) (□印), 同 (15 mm) (×印) を制振材としたものは強い周波数依存性を示し、周波数の増加とともに高いエネルギー損失が生じることが示されている。

各点は 5 個の減衰波形より得られた値の平均値である

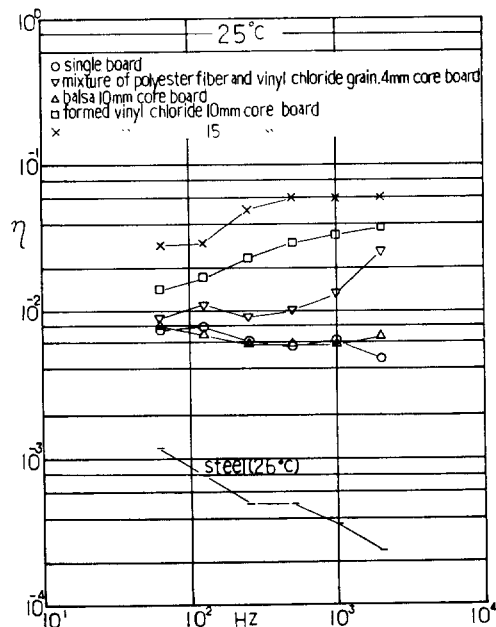
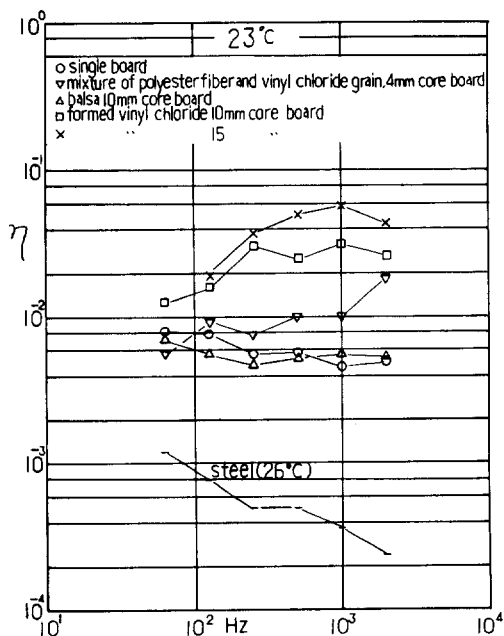
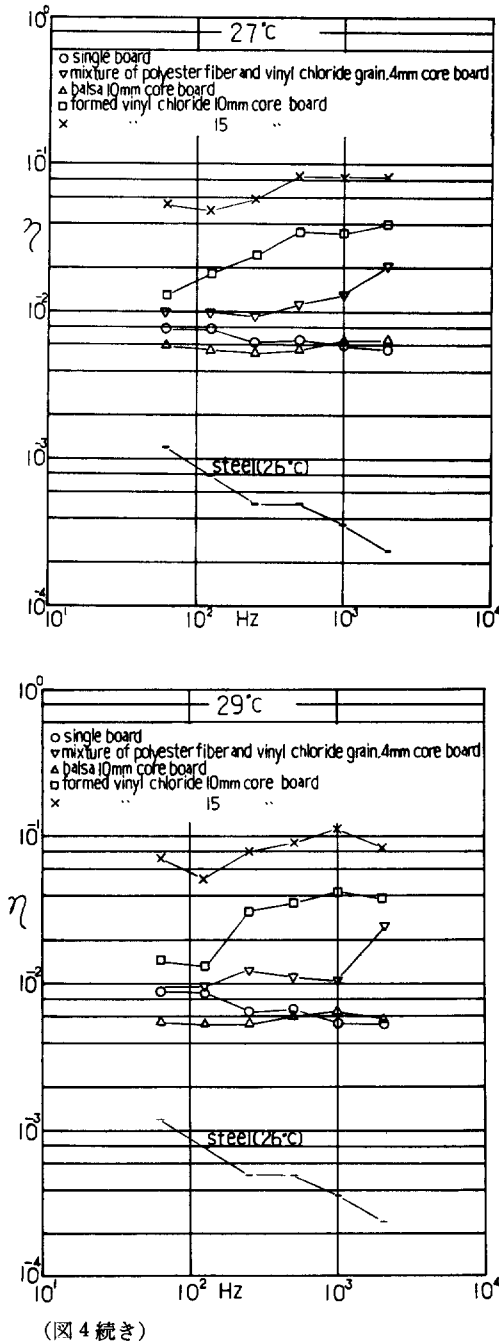


図 4 損失係数と周波数

Mechanical loss factor η and frequency

が、これらのデータの間には大きな誤差はないものの、結果的にプロットされたものには誤差らしきものを生じている。これについては未確認ではあるが、振動が十分拡散していないことが考えられ板の寸法、あるいは衝撃



(図4 続き)
 を与える場所の変更等考慮しなければならない。
 η の大小関係は温度に無関係にはば変わらず、以下の順位になっている。
 ビニールフォーム 15mm > 同 10mm > カンタコア
 ただ単板とコアマットを制振材にしたものでは差が明確でない。

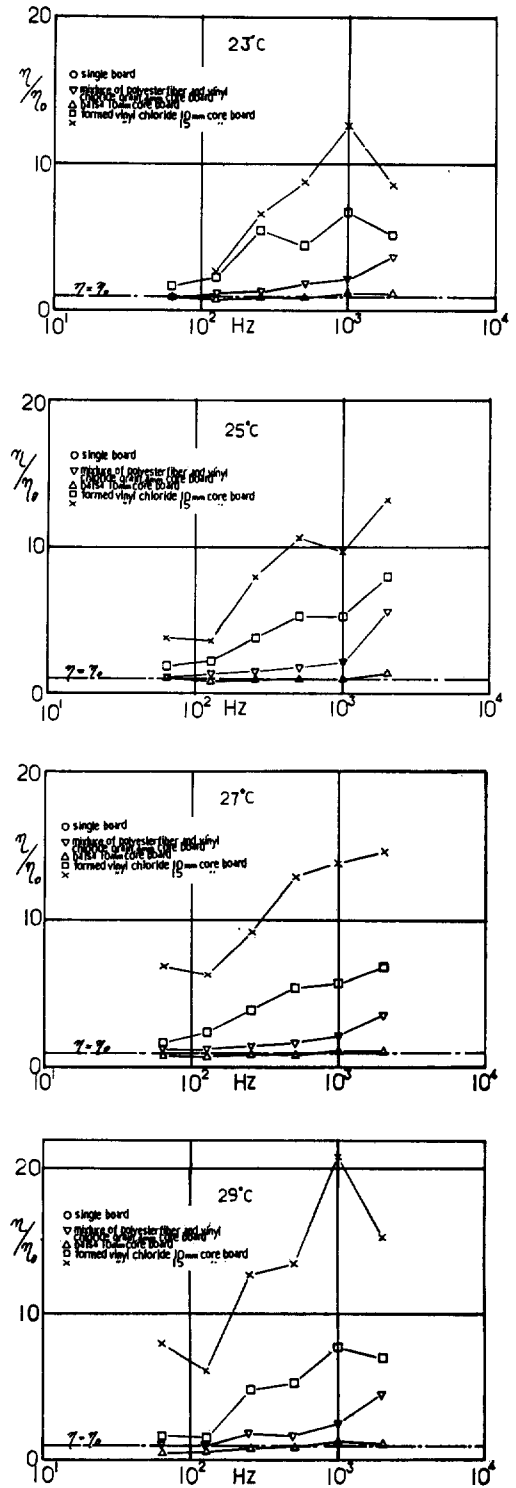


図5 η/η_0 (η_0 : 単板) と周波数
 η/η_0 (η_0 : single board) and frequency

参考のために示した鋼は 26°C で計測したもので温度により大きな変化はないとして掲げている。鋼に比較し FRP は大きなエネルギー損失を生じることが明らかに示されている。

5.2 単板との比較

単板との比較を行うために比を用いた。 T_{60}' を単板の減衰時間とすれば $\eta/\eta_0 = T_{60}'/T_{60}$ を示すことになる。結果を図 5 に示す。

コアマットを制振材にしたもの (Δ 印) は単板とほぼ一致した値を示し、その差は認め難い。単板に比較し最も大きな値を示すのはビニールフォーム (15 mm) (\times 印) であり、以下次の順位である。

ビニールフォーム (15 mm) > 同 (10 mm) > カンタコア

これら制振材は、いずれも周波数の増加とともに、単板との差は一層増大する。特にビニールフォーム (15

mm) を制振材にした板の挙動には注目すべきものがある。

温度上昇による影響について見ると、ビニールフォーム (15 mm) を制振材にした板が一番大きな増加を見せ、単板との差は大きく開いてゆく。

5.8 η の温度依存性

プラスチック系の性質は温度依存性が強いことがいわれる。 η については図 6 に示すように、特にビニールフォーム (15 mm) を制振材にしたものが強い依存性を示し、温度上昇とともに急激な増大を示し、強いエネルギー損失を生じることがわかる。プラスチック系の温度依存性は一般に山形 (凸形) になるとされているが、今回の温度範囲 (23~29°C) では、それが表われず、より高い温度で最高値を示すであろうと推測する。

温度変化によって生ずる山の頂点を機関室の壁温に一致させれば最高の減衰性能を示す板となる。山の位置を

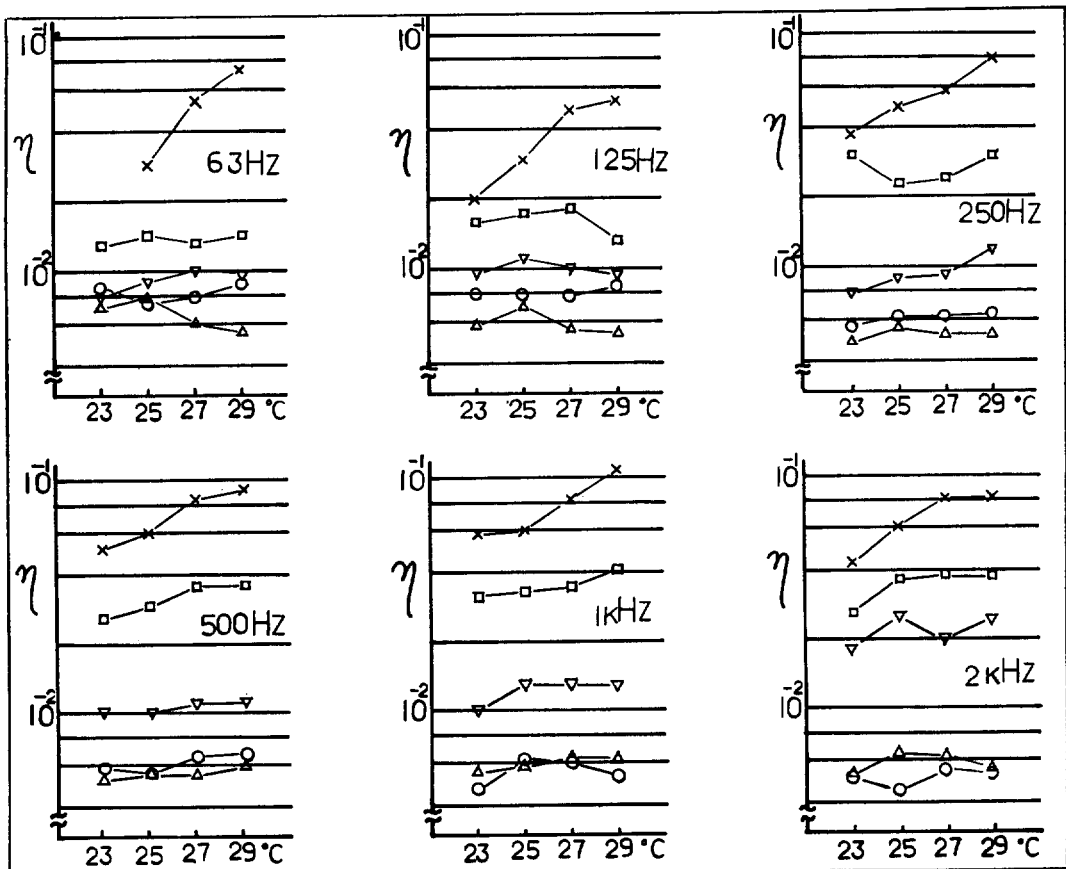


図 6 損失係数 η と温度

Mechanical loss factor η and temperature

コントロールし、さらにエネルギー損失を増大させるには制振材への薬品の添加、発泡条件の変更等の方法があるとされている。

6. あとがき

FRP 製沿岸漁船内振動の低減の問題を伝達過程における熱への消散という観点からとらえ、FRP 漁船に適した制振材の選定について報告した。今回比較した制振材は4種類である。FRP は単板自体、鋼などに比べ高い制振性能を持つことが示されたが、現実の FRP 漁船に於いて振動面から見た作業環境は好ましいものとは思えない。このため、より高い制振性能を持たせるために拘束型制振構造をもったサンドイッチタイプの FRP について検討した。この構造のものは、既に強度を持たせるために主として比較的大型の漁船に使用されている。

一般にプラスチック系材料の損失係数 η は、温度、周波数に影響されることは、よく知られており、今回の計測でも明確に表われた。まず周波数による影響についてみると、単板との比較で見た場合、いずれの板も低周波(100 Hz 以下)で制振性能は悪化し、振動の低減効果は小さいと思われる。逆に高周波(1 kHz 以上)では、各板の性能の差は明確に表われた。特に塩化ビニルの発泡体 15 mm 厚を使ったものが、他のいづれの板よりも高い制振性を有することが示され、高周波での振動低減効果は期待できることが予想される。

次に 23°C~29°C の範囲の温度変化による影響をみる

と、この温度範囲内では単板、コアマットを制振材にした板は著しい変化は見られなかった。その他の板は温度上昇とともに性能も上昇することが示された。プラスチック系の損失係数はある温度でピークになることが知られているが、今回の温度範囲ではピークになる温度は不明であった。ただし、温度による変化の様子を見ると、29°C 以上でピークになると思われ、使用条件によってはより高い性能を示すことが期待できる。このピークになる温度は材質の違い、発泡条件の違いにより変化すると思われ今後の課題として残る。

今回は、振動の低減という観点からのみ性能評価しているが、漁船の騒音の低減という観点をも考慮して考えた場合、特に塩化ビニルの発泡体は弾性係数が低いためある特定の周波数で音波の透過が生じることが予想される。小型漁船では機関室に隣り合せてブリッジ、台所、甲板等諸設備があり、機関室からの透過音の増加は大きな影響を受ける。この観点からの検討も今後必要である。

今後の第1課題として、今回最も大きな制振性能を示した塩化ビニルの発泡体を制振材とした模擬機関室を作り、その効果をみたいと考える。

参考文献

- 1) 社団法人 日本造船研究協会：第156研究部会，船内騒音に関する調査研究報告書，1976
- 2) 社団法人 日本音響材料協会：騒音・振動対策ハンドブック，1982

Report on the Sandwich Type GFRP Board as a Damping Material

— For Reducing the Degree of Vibration Aboard the Fishing Boat —

By

Satoshi KUBO

Summary

Here is reported on the sandwich type GFRP board as a damping material. Mechanical loss factor η is used to compare the property of the each board. η is defined as:

$\eta = \tan \phi$ ϕ : phase difference between force and displacement

η was measured by diffuse vibration method and is calculated approximately as:

$$\eta = \frac{2.2}{T_{60} \cdot f} \quad \begin{array}{l} T_{60}: \text{attenuation time occupied for descending 60dB} \\ f: \text{frequency} \end{array}$$

And T_{60} was approximated to $2T_{30}$, for the reason that the measuring instrument has limits in the respect of S/N ratio.

The boards are as follows.

- a) single GFRP board $104 \times 154 \times 0.4'$ cm, 11.39 Kg
- b) mixture of polyesterfiber and vinyl chloride grain, 4 mm sandwiched board $102 \times 150 \times 0.9'$ cm, 18.34 Kg
- c) balsa 10 mm sandwiched board $101 \times 151 \times 1.6'$ cm, 20.89 Kg
- d) formed vinyl chloride 10 mm sandwiched board $92 \times 151 \times 1.6'$ cm, 16.56 Kg
- e) formed vinyl chloride 15 mm sandwiched board $92 \times 151 \times 2.1'$ cm, 17.98 Kg

As a result, formed vinyl chloride 15 mm core board shows best property, so when inside of the hull at the part of the GFRP fishing boat's engine room is made up of this core board, it will give practical effect on reducing the degree of the vibration and the noise.

But a few points can be indicated by the results, and they are as follows;

- 1) The damping property η of each board decreases sharply below 100 Hz.
- 2) The peak value of it can not be seen in the temperature 23° — 29° C, although the plastic material has a peak value of it in general.
- 3) As the values of η , except those of a) and b) boards, increase in proportion to the increase of temperature in 23° — 29° C, the peak values of them are supposed to be in the higher temperature.