

粘弾性減衰層を用いたサンドイッチ板の 振動特性とその防振効果

Vibration Characteristics and Vibration Prevention Effect
of Sandwich Plates Using Visco-Elastic Laminae

一 柳 健* 重 田 政 之*
Ken Ichiryû Masayuki Shigeta

内 容 梗 概

近時、粘弾性減衰層を用いて振動に対する機械構成要素の応答を少なくしようとする試みが盛んになってきた。とくに騒音制御の面からこの方面の研究が進歩している。著者は機械構造の基本要素である板について、粘弾性体をサンドイッチした場合について振動特性を理論的に求めた。またこの方式を箱状中空体に用いた場合について実験を行ない、単板構造体と比較して前者が防振防音上優秀な特性を有することを明らかにした。

1. 緒 言

粘弾性減衰層を用いて振動に対する機械構成要素の応答を少なくしようとする試みは近時盛んになってきた。筆者らは、はりまたは板の振動防止のため有効に減衰を付加する方法として粘弾性層を用いたサンドイッチ板について研究した。

これまで Ross, Ungar および Kerwin 氏らは3層からなる無限板の一次元の振動を中間層の伸びおよびせん断減衰と表面層の伸び減衰を考慮して議論し、Yi-Yuan Yu 氏は中立軸に関して対称に作られた3層サンドイッチ板の曲げ振動の減衰について一般理論を展開した。

本報では3層よりさらに特性の良い5層のサンドイッチ板について考察した。この構造は心材 (core) の外側の対称位置に表面材 (facing) を粘弾性層を介して対称的に結合したものである。

解析は J. E. Ruzicka⁽²⁾ の方法を一般化したもので5層サンドイッチはりの曲げ剛性と減衰の関係を種々な境界条件に対して求めた。

つぎに本理論の応用としてサンドイッチ構造のはりについて基礎実験をし、さらに実際への応用としてサンドイッチ板を組み合わせた箱について実験し、単板の同一形状の箱と比較してその振動特性を調べた。

2. 理論的解析, サンドイッチ板の曲げ理論 (対称5層サンドイッチ板の一次元理論)

2.1 基本式の誘導

第1図にサンドイッチ板の構成、第2図にサンドイッチ板の座標と変形形態を示す。同図において ϕ を曲げ角、 ψ をせん断角とする。はりに曲げモーメントのみが作用すると仮定すれば、モーメント $M(x)$ と曲げこわさ B_e との関係は、

$$M = B_e \frac{\partial \phi}{\partial x} = M_{11} + 2(M_{22} + M_{33}) + 2(F_2 h_{20} + F_3 h_{30}) \quad (1)$$

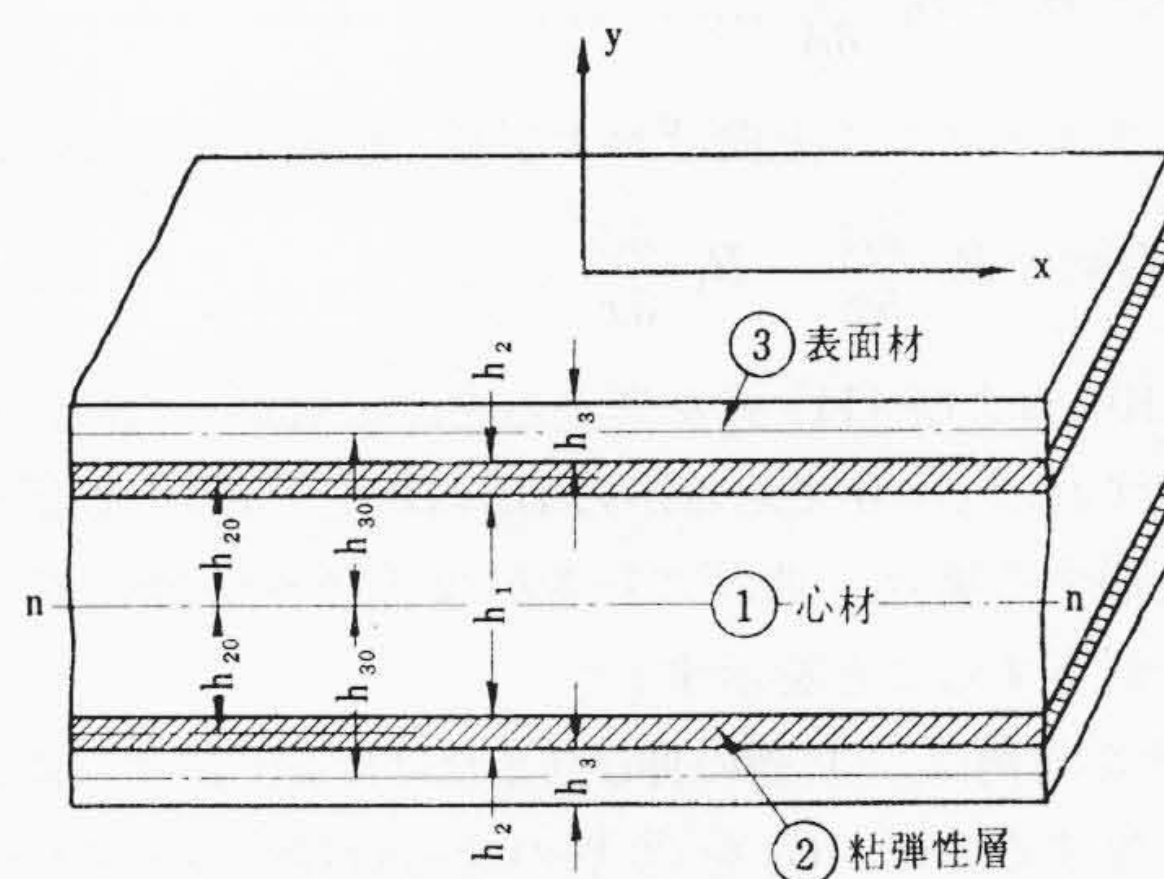
ここに、 M_{11}, M_{22}, M_{33} : それぞれ①、②および③層のその中立軸まわりのモーメント

F_2, F_3 : それぞれ②および③層に生ずる伸びまたは圧縮力

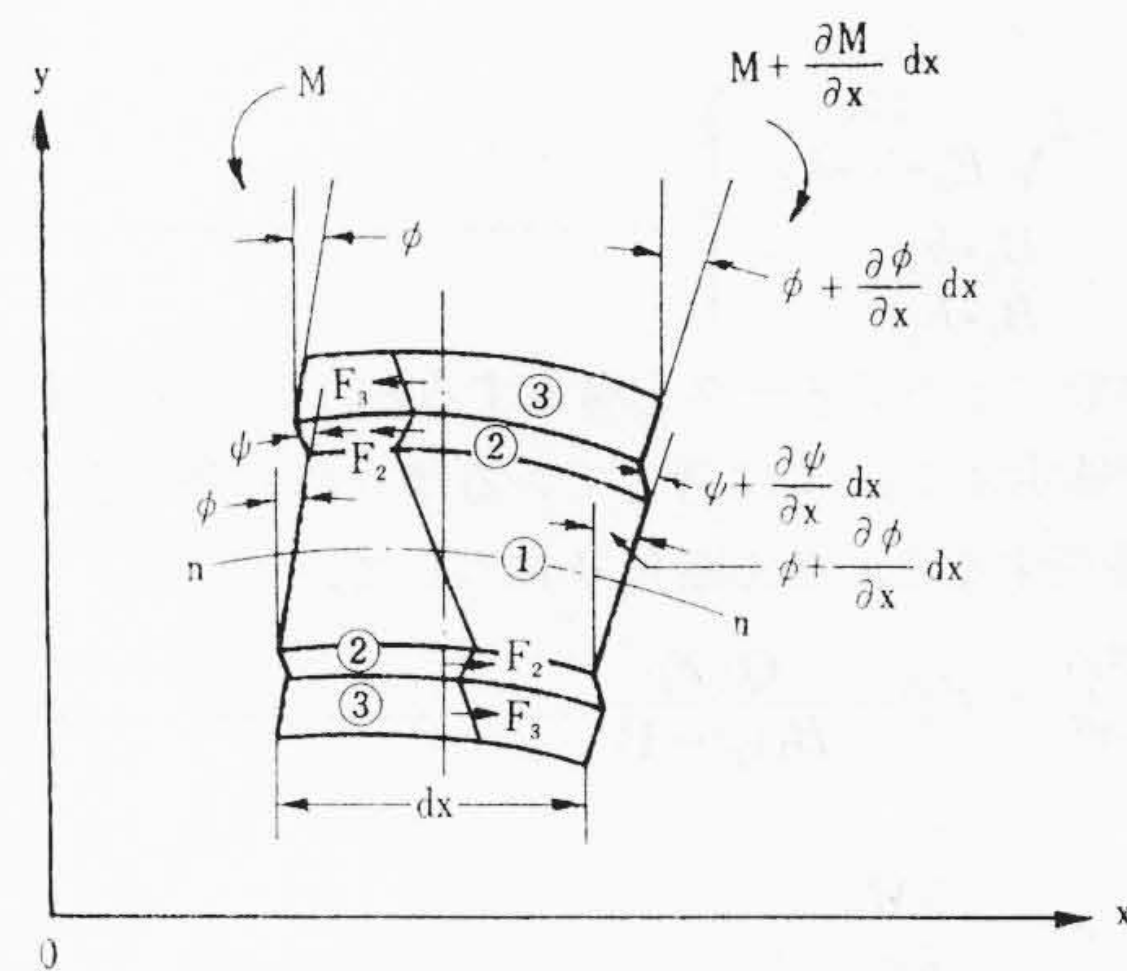
h_{20}, h_{30} : 中立軸から②および③層の中立軸までの長さ

(1) 式の $M_{11}, M_{22}, M_{33}, F_2$ および F_3 は次のように与えられる。

* 日立製作所日立研究所



第1図 サンドイッチ板の構成



第2図 サンドイッチ板の変形形態

$$M_{11} = E_1 I_1 \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (2)$$

$$M_{22} = E_2 I_2 \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) \quad (3)$$

$$M_{33} = E_3 I_3 \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (4)$$

$$F_2 = E_2 h_2 \left(h_{20} \frac{\partial \phi}{\partial x} - \frac{h_2}{2} \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) = E_2 h_2 \left(h_{20} - \frac{h_2}{2} \frac{\partial \psi}{\partial \phi} \right) \times \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (5)$$

$$F_3 = E_3 h_3 \left(h_{30} \frac{\partial \phi}{\partial x} - h_2 \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) = E_3 h_3 \left(h_{30} - h_2 \frac{\partial \psi}{\partial \phi} \right) \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (6)$$

ただし、 E_1, E_2, E_3 : 各層のヤング率

I_1, I_2, I_3 : 各層の自己の中立軸まわりの断面2次モー

メント

h_1, h_2, h_3 : 各層の厚さ

また
$$\frac{\partial \phi}{\partial \phi} = \frac{\frac{\partial \phi}{\partial x}}{\frac{\partial \phi}{\partial x}}$$

(2)~(6) 式を (1) 式に代入してサンドイッチはりの複合こわさ B_e を求めると、

$$B_e = E_1 \cdot I_1 + 2 E_2 I_2 \left(1 - \frac{\partial \phi}{\partial \phi} \right) + 2 E_3 I_3 + 2 \left\{ E_2 h_2 \cdot h_{20} \left(h_{20} - \frac{h_2}{2} \frac{\partial \phi}{\partial \phi} \right) + E_3 h_3 \cdot h_{30} \left(h_{30} - h_2 \frac{\partial \phi}{\partial \phi} \right) \right\} \dots\dots (7)$$

上式を整理して、

$$B_0 = E_1 I_1 + 2 E_2 (I_2 + h_2 \cdot h_{20}^2) + 2 E_3 (I_3 + h_3 \cdot h_{30}^2) \dots\dots (8)$$

$$B_1 = 2 E_2 I_2 + E_2 h_2^2 h_{20} + 2 E_3 h_2 h_3 h_{30} \dots\dots (9)$$

と置くと、

$$B_e = B_0 - B_1 \frac{\partial \phi}{\partial \phi} \dots\dots (10)$$

したがってモーメントと曲げおよびせん断角との関係は、

$$M(x) = B_0 \frac{\partial \phi}{\partial x} - B_1 \frac{\partial \phi}{\partial x} \dots\dots (11)$$

ここで (10) および (11) 式を考えると、②層がせん断に対してこわいと仮定すれば $\phi=0$ であるから $B_e=B_0$ となる。②層がせん断に対して変形する場合、曲げこわさが②層がせん断に対してこわい場合より低下することを示す。

②層のせん断角は、③層の伸び(または圧縮)ひずみによる力の増分により生ずるので、 G_2 を②層のせん断剛性率とすれば、

$$\phi = - \frac{1}{G_2} \frac{\partial F_3}{\partial x} \dots\dots (12)$$

つぎに

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= l \sqrt{\frac{G_2}{E_3 \cdot h_2 \cdot h_3}} \\ \beta &= \frac{B_0 \cdot h_2}{B_1 \cdot h_{30}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (13)$$

なる二つの無次元パラメータを導入すると、この問題はこれらのパラメータで確定する。 l は考えているはりの全長である。(11) と (12) 式を整理すると、せん断角 ϕ について、

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} - k^2 \phi = \frac{Q(x)}{B_1(\beta-1)} \dots\dots (14)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} Q(x) &= \frac{\partial M}{\partial x} \\ k &= \frac{\alpha}{l} \sqrt{\frac{\beta}{\beta-1}} \end{aligned} \right\} \dots\dots (15)$$

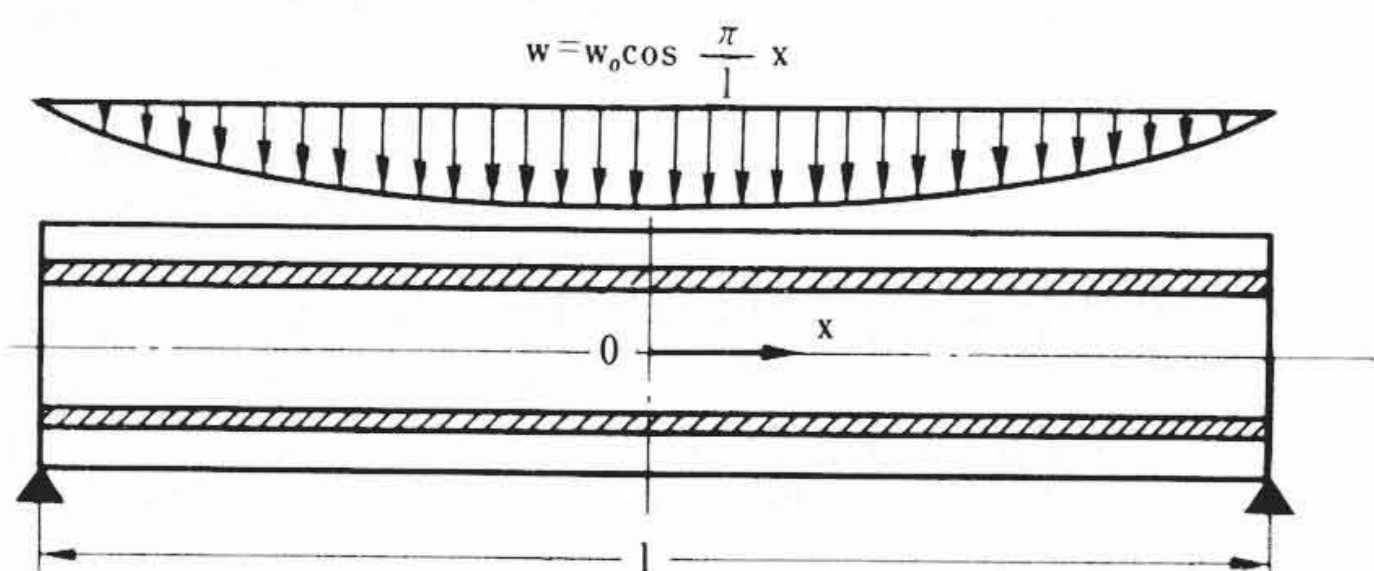
(14) 式より ϕ が求まり、さらに ϕ は次の関係より求まる。

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = \frac{h_2}{h_{30}} \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} - \frac{\alpha^2}{l^2} \phi \right) \dots\dots (16)$$

(14) 式の解は特解を $\Psi_0(x)$ と置けば

$$\phi = A \cosh kx + B \sinh kx + \Psi_0(x) \dots\dots (17)$$

ここで A, B は境界条件により定まる定数である。



第3図 単純支持はりの第一次振動モード

2.2 サンドイッチはりのこわさ比と損失率

こわさ比を B_e/B_0 で定義すると (11) 式より次のように表わされる。

$$\frac{B_e}{B_0} = \frac{\frac{M(x)}{B_1 \frac{\partial \phi}{\partial x}}}{1 + \frac{M(x)}{B_1 \frac{\partial \phi}{\partial x}}} \dots\dots (18)$$

サンドイッチはりの振動エネルギーを消費する要素としては、心材と表面材の曲げに伴う材料減衰 (material damping), 粘弾性体②層の伸びおよびせん断速度に比例する減衰がある。

粘弾性体を使用する場合においては一般にせん断減衰が顕著なのでこの減衰のみを取り扱い、他の減衰を無視して以下の議論を進める。粘弾性体の挙動は複素剛性率 G_2 によって最も良く表わされる。

$$G_2 = G_{20}(1+j\eta_2) \quad (j = \sqrt{-1}) \dots\dots (19)$$

とし、(19) 式を (18) 式に代入するとサンドイッチはりの複素曲げこわさ (complex bending stiffness) の値が得られる。これを

$$B_e = B_{e0}(1+j\eta_e) \dots\dots (20)$$

で表わすと、 $|B_e|$ が曲げこわさの絶対値、 η_e がサンドイッチはりとしての損失率である。

2.3 各種境界条件に対する理論計算

機械振動で問題になるのは各種境界条件に対する第一次振動モードであるので、以下これを対象にして2, 3の場合に対して検討してみる。

2.3.1 単純支持はりのこわさ比と損失率

第3図に示す場合、 $w = w_0 \cos \frac{\pi}{l} x$ なる慣性荷重が作用している状況に対して以上の理論により複素曲げこわさ比を求めると

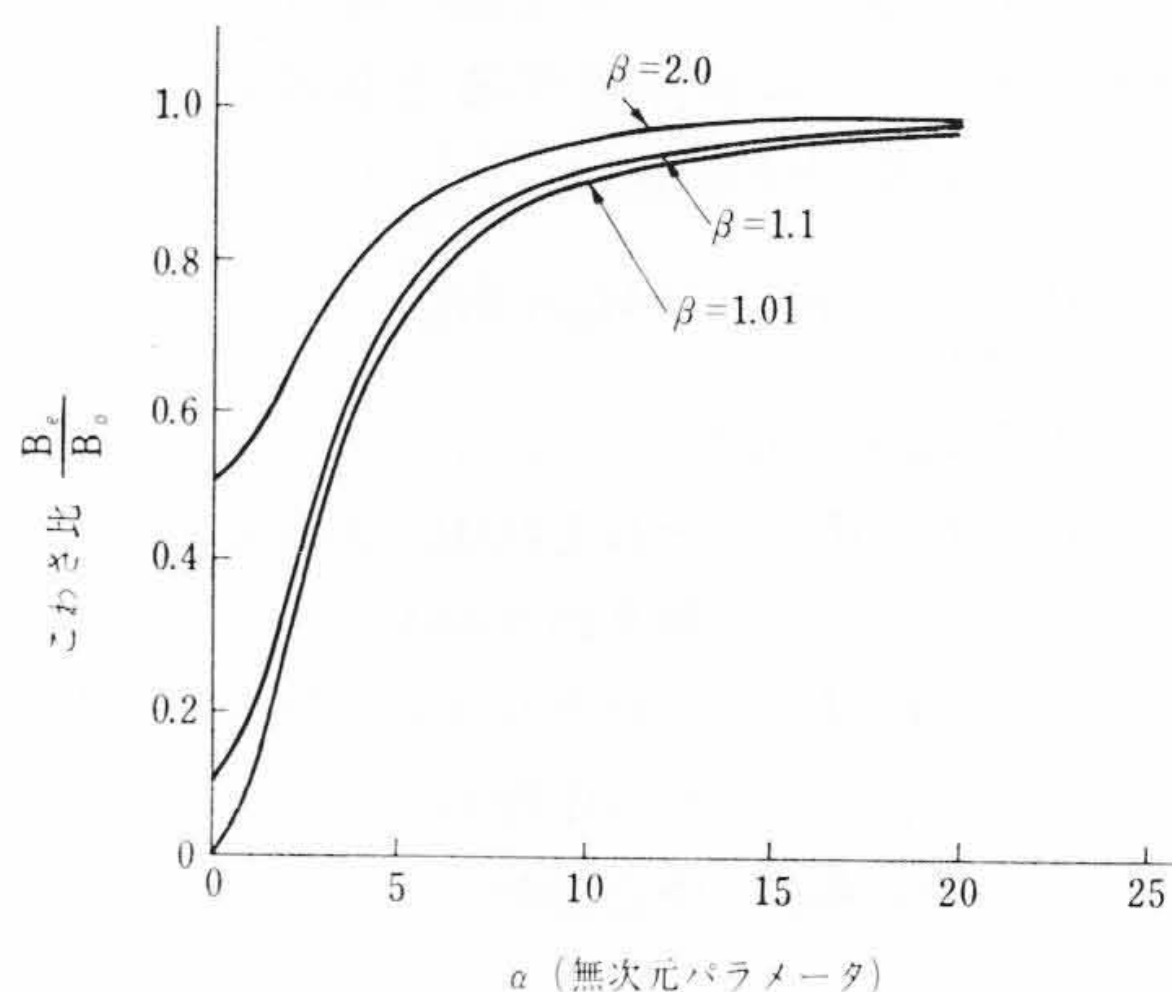
$$\frac{B_e}{B_0} = \frac{(\beta-1) \left\{ 1 + \frac{1}{\pi^2} \frac{\beta}{\beta-1} \alpha_0^2 (1+j\eta_2) \right\}}{1 + (\beta-1) \left\{ 1 + \frac{1}{\pi^2} \frac{\beta}{\beta-1} \alpha_0^2 (1+j\eta_2) \right\}} \dots\dots (21)$$

ただし $\alpha = \alpha_0 \sqrt{1+j\eta_2}$ と置いてある。上式を β をパラメータにして、 $|\alpha|$ とこわさ比の絶対値 $|B_e/B_0|$ の関係を第4図、 $\eta_2=1.0$ の場合に対して同じく β をパラメータにして $|\alpha|$ とサンドイッチはりの損失率 η_e の関係を第5図に示す。この場合のはりの変形状態は第6図に示すとおりである。

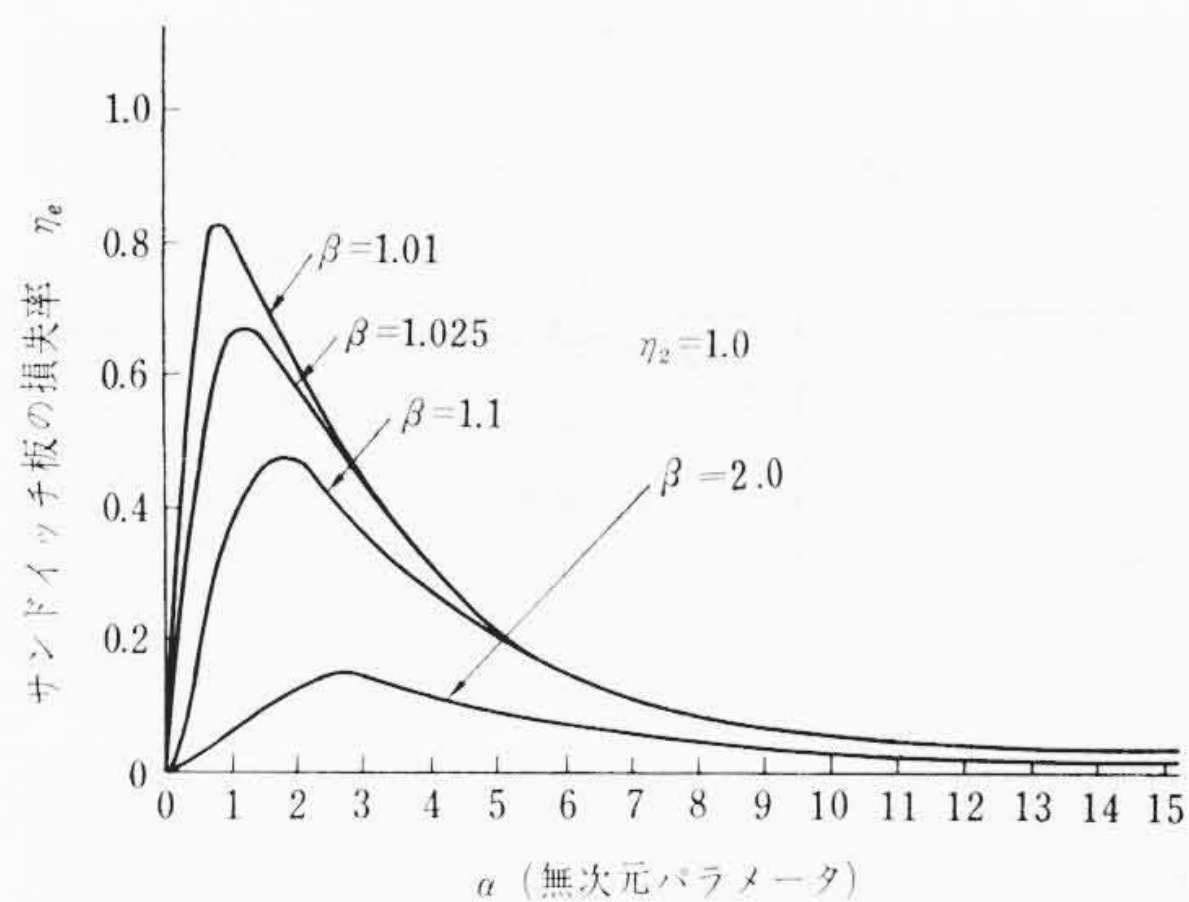
2.3.2 片持はりのこわさ比と損失率

第一次振動モードに対して近似計算を行ない、こわさ比と損失率の関係を前と同様に求めたのが第7, 8図であり、この場合のはりの変形状態を第9図に示す。

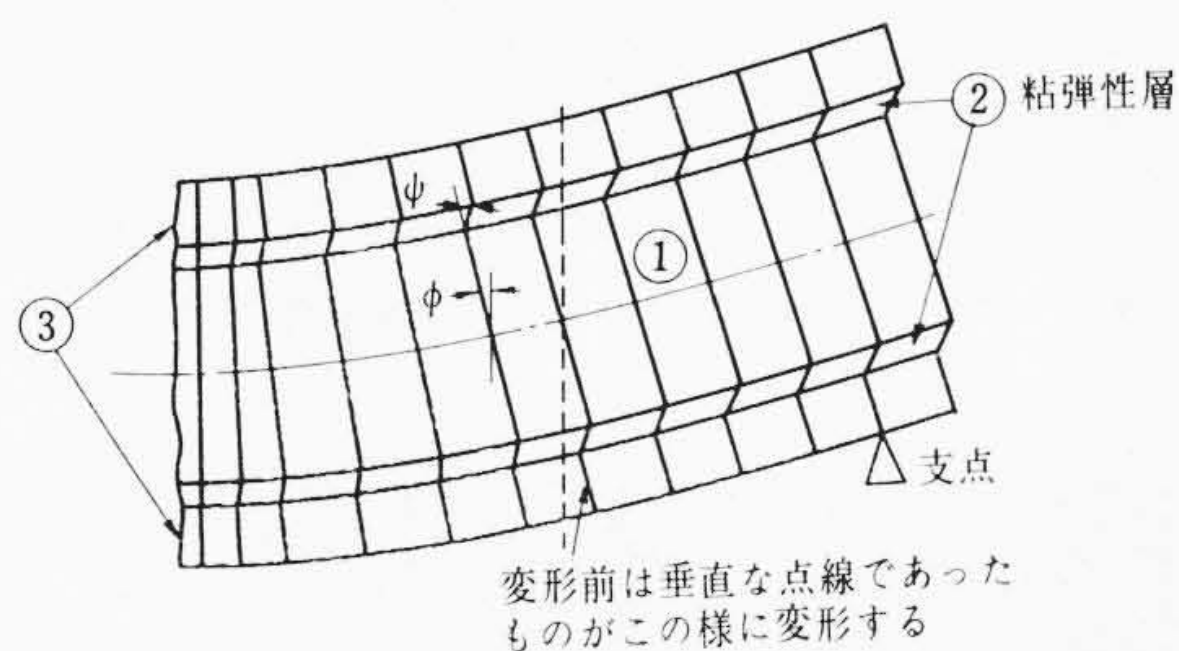
これら2.3.1, 2.3.2の結果より損失率の最大値を与える α の



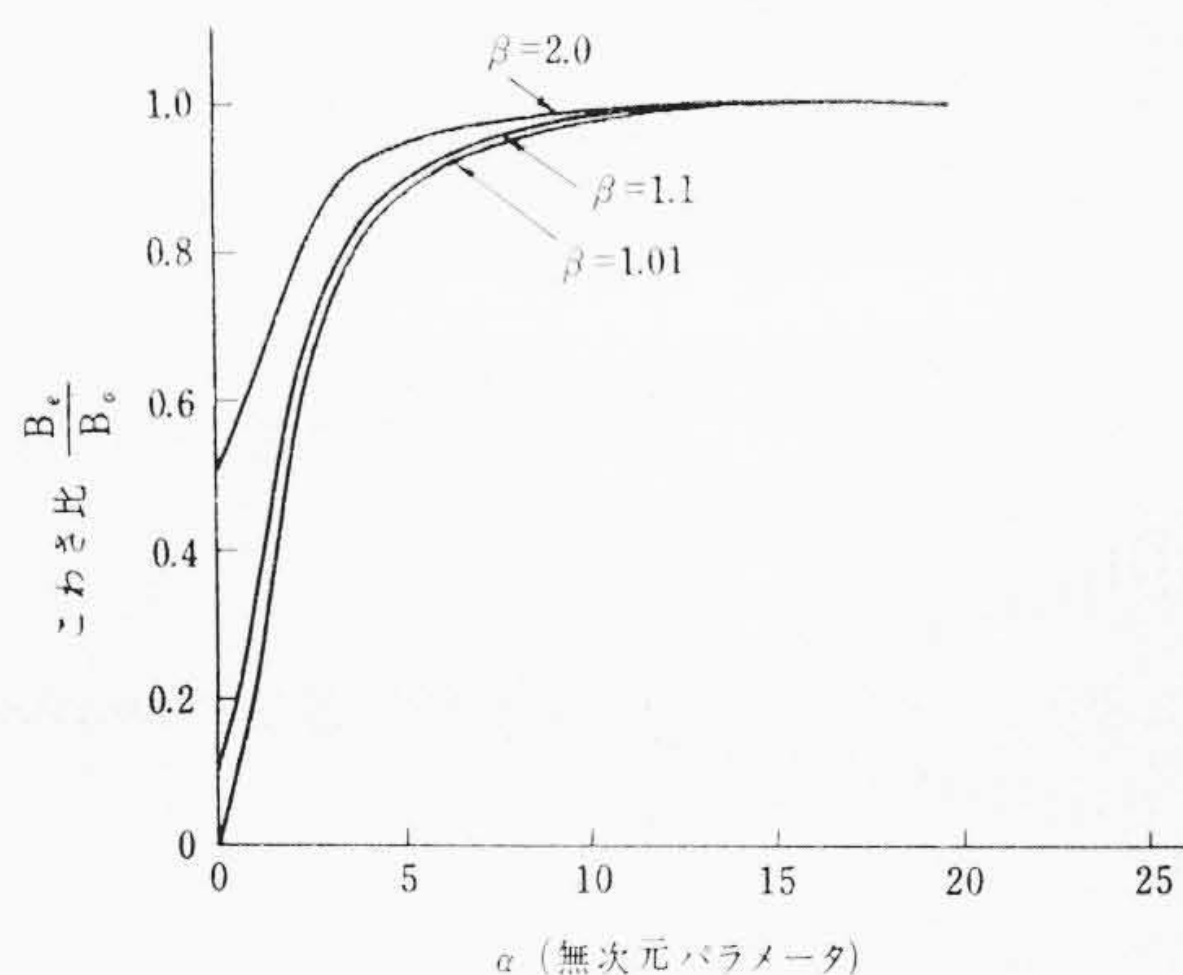
第4図 単純はりの第一次振動モードにおける α とこわさ比の関係



第5図 $\eta_2=1.0$ の場合、単純支持はりの第一次振動モードにおける α と η_e の関係



第6図 単純支持サンドイッチはりの第一次振動モードにおける変形形態



第7図 片持はりの第一次振動モードにおける α とこわさ比の関係 (近似計算)

値がパラメータ β に対して定まってくることがわかる。またパラメータ β に対して境界条件にあまり関係なく、こわさ比 B_e/B_0 と損失率 η_e の関係が定まってくることが予想される。

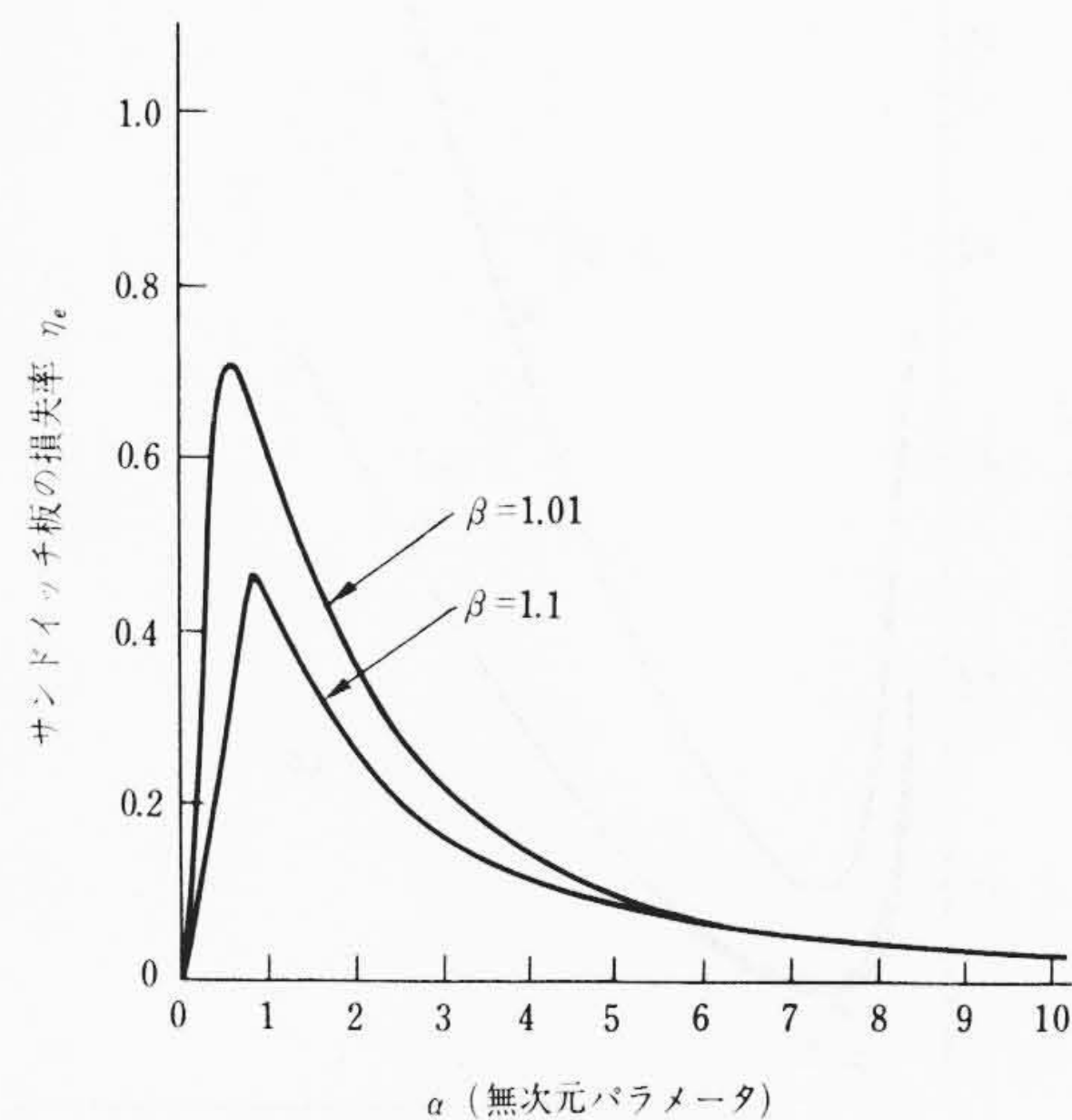
パラメータ β は定義式よりサンドイッチ板の断面形状、心材と表面材の物理的特性がせん断変形に及ぼす効果を表わし、パラメータ α はおもに粘弾性体のせん断剛性率とはりの長さがせん断変形に及ぼす効果を示すものである。

2.4 サンドイッチ板のこわさ比と損失率の関係

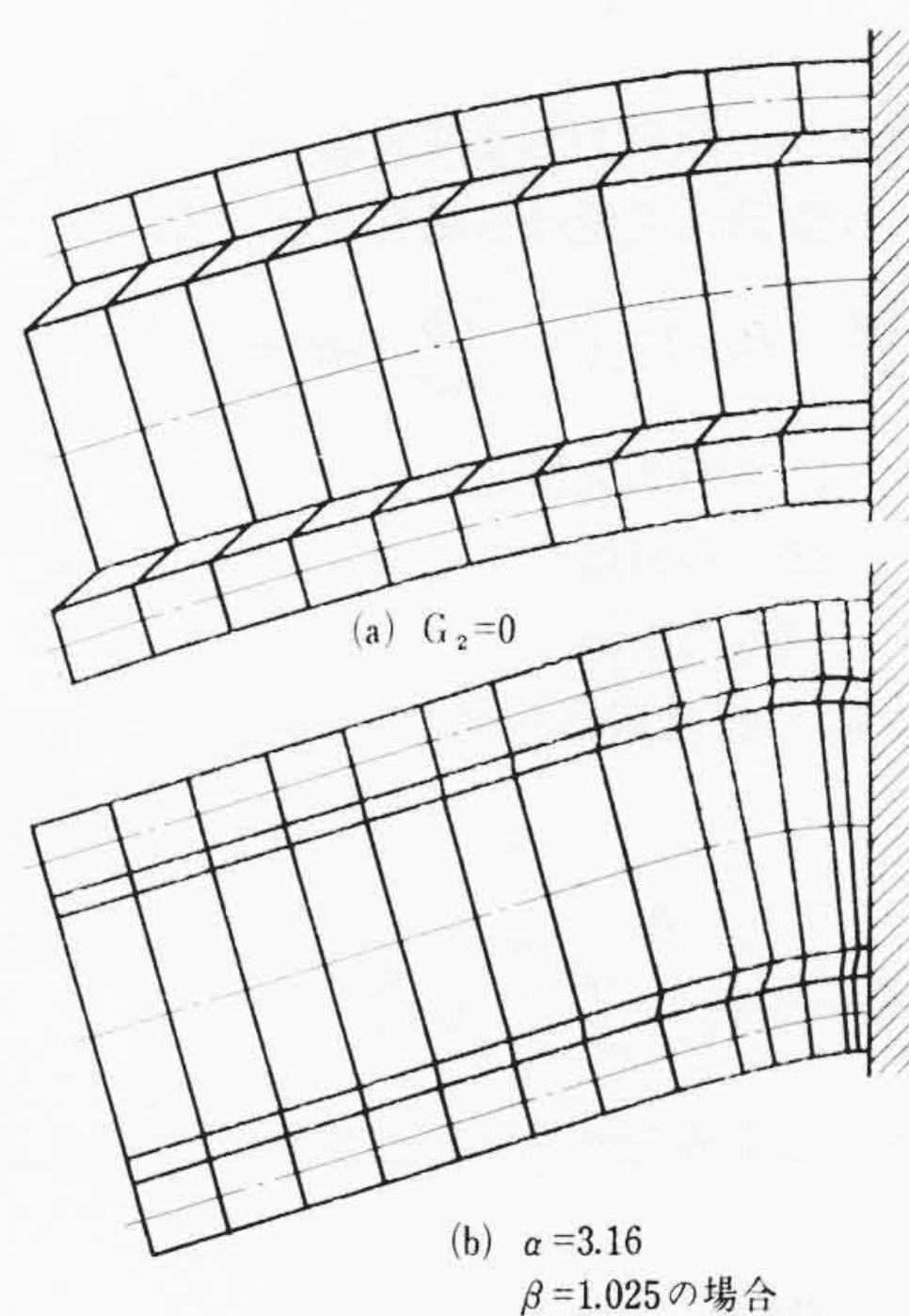
粘弾性体の損失率 $\eta_2=1.0$ の場合を例にとり、サンドイッチ板のこわさ比の絶対値 $|B_e/B_0|$ と損失率 η_e の関係を β をパラメータにして求めたのが第10図である。

これより β が一定でかつ粘弾性体の損失率 η_2 が与えられれば、サンドイッチはりとしてのこわさ比と損失率の関係が境界条件にあまり関係なく定まることがわかる。これは実用上有効な関係でサンドイッチ板の減衰効果の計算を容易にする。

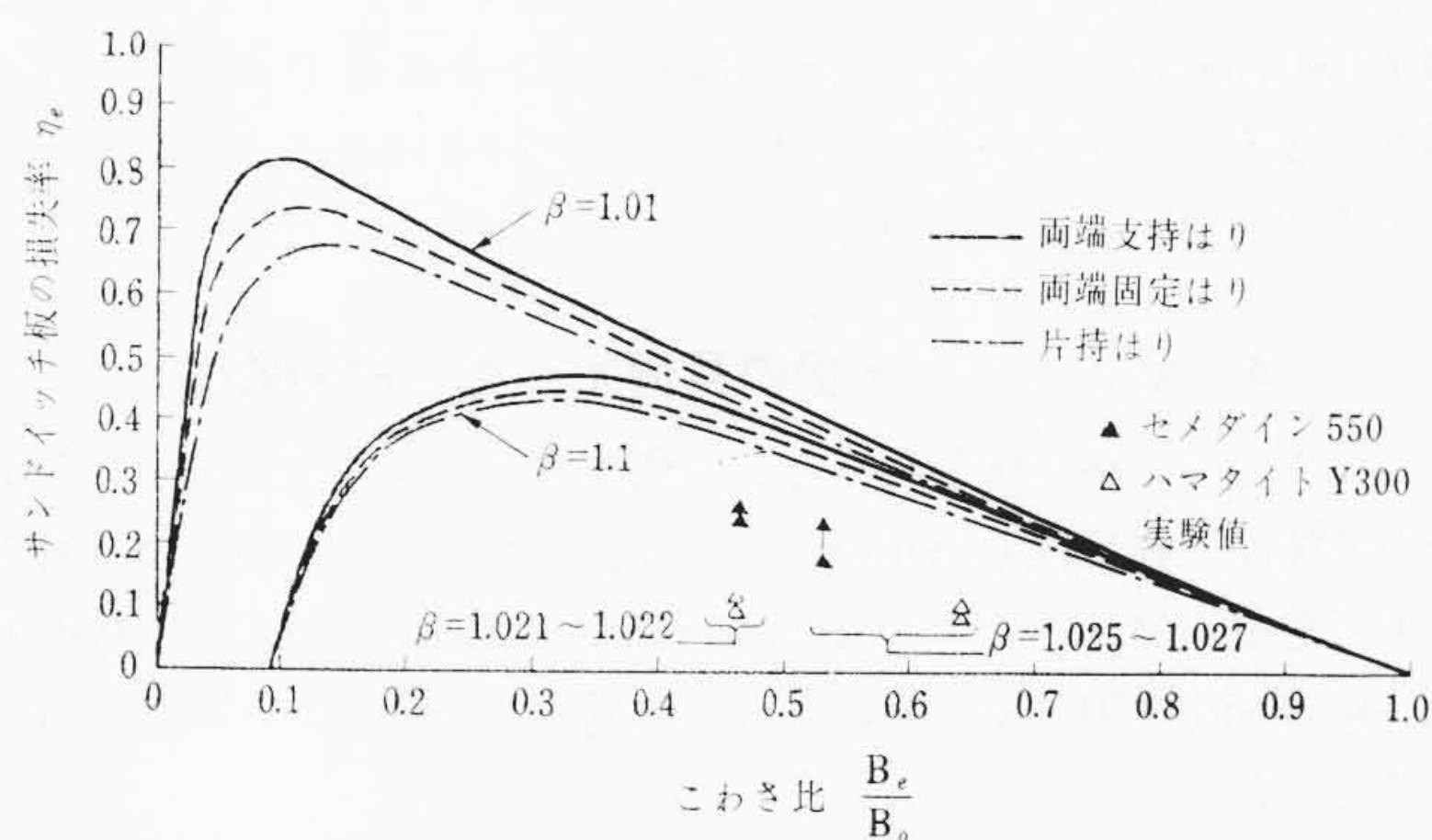
第10図より、 $\beta=1.1$ の場合は、こわさ比が0.3~0.4のとき η_e は最大値0.45となり、また $\beta=1.01$ ならばこわさ比が0.1付近で η_e は



第8図 $\eta_2=1.0$ の場合、第一次振動モードにおける片持はりの α と η_e の関係



第9図 第一次振動モードに等しい慣性荷重を受けるサンドイッチ片持はりの変形形態 (ただし (b) の変形は (a) より小さい)

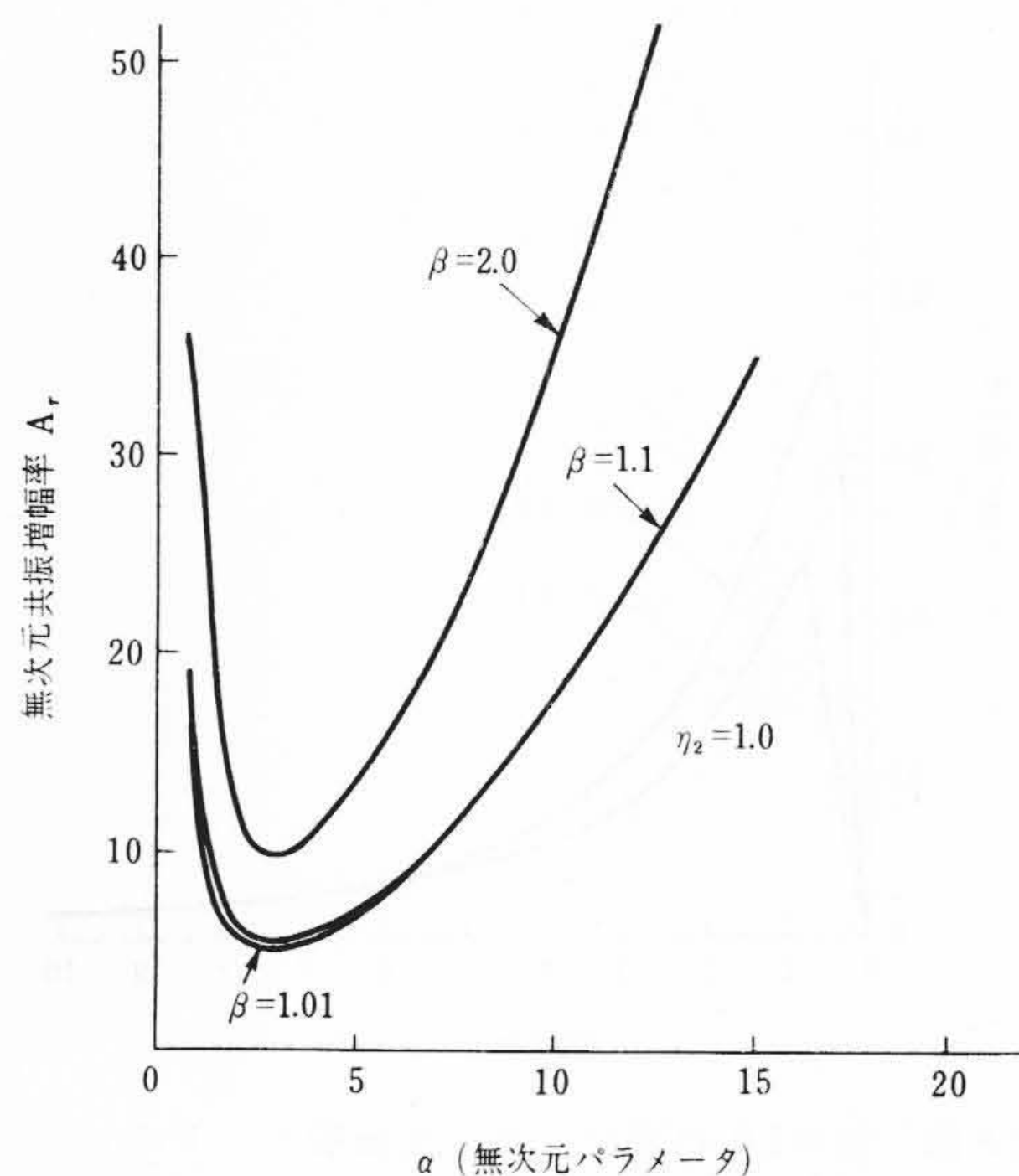


第10図 こわさ比と損失率の関係 ($\eta_2=1.0$ の場合)

最大値0.7となる。 $(\eta_2=1.0$ の場合)

2.5 サンドイッチ板の共振振幅を最小にする条件

サンドイッチはりのこわさ比ならびに損失率と共振特性の関係を求めてみる。いちばん問題となるのは共振振幅であるので共振振幅を最小にする条件を求める。例として2.3節(a)の単純支持はりに



第11図 α と無次元共振増幅率 A_r との関係 ($\eta_2=1.0$ の場合)

ついて求めてみよう。減衰があまり大きくない場合、第一次振動モードに相当する振動荷重を受ける場合の基礎式は、

$$A\rho\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + B_{e0}(1+\eta_e j)\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = w_0 \cos \frac{\pi x}{l} \cdot e^{j\omega t} \dots\dots (22)$$

ここに、 A : はりの断面積

ρ : はりの密度

w_0 : 荷重の振幅

この式の解は y_0 を振動振幅とすると、 ω_{n1} を第一次固有振動数として、

$$y_0 = \frac{w_0}{A\rho\omega_{n1}^2 \left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_{n1}^2} + \eta_e j\right)} \dots\dots (23)$$

(23) 式より求める共振振幅 y_{or} および無次元化した共振増幅率 A_r は、

$$y_{or} = \frac{w_0}{A\rho\eta_e\omega_{n1}^2} \dots\dots (24)$$

$$A_r = \frac{y_{or}}{\frac{B_0\pi^4}{w_0 l^4}} = \frac{1}{\left(\frac{B_e}{B_0}\right) \cdot \eta_e} \dots\dots (25)$$

$\eta_2=1.0$ の場合、 β をパラメータとして A_r をプロットしたのが第11図である。これより共振増幅率は $\alpha=3$ 付近で β に関係なく最小になることがわかる。設計としては $\alpha=3$ になるようにサンドイッチ板を構成するのが最適である。

3. サンドイッチ板の具備すべき一般的条件

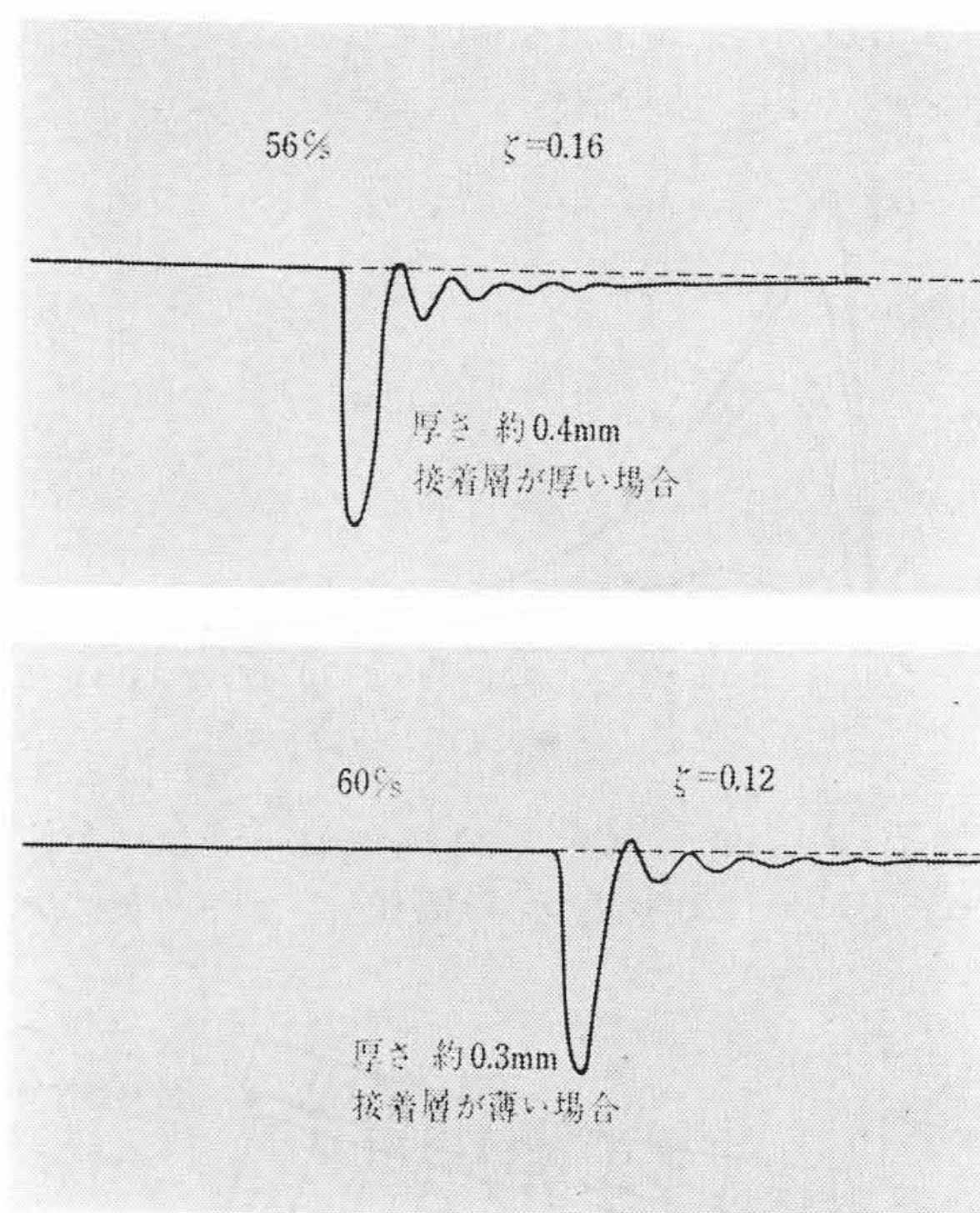
サンドイッチ板が構造材料として使用される場合、具備すべき第一の条件は、軽量性と剛性の大きくなることである。この条件は心材として発泡材、プラスチックまたはハニカムを使用することと特性の良い接着剤を使用することによって容易に実現することができるようになった。

しかし最近では上の2条件のほかに防振防音特性の良いことが要求される場合が多い。このためには上記の理論結果の示すように接着層のせん断変形を減衰に利用するとか、ほかに特別に粘弾性層を付与するなどの考慮が必要である。

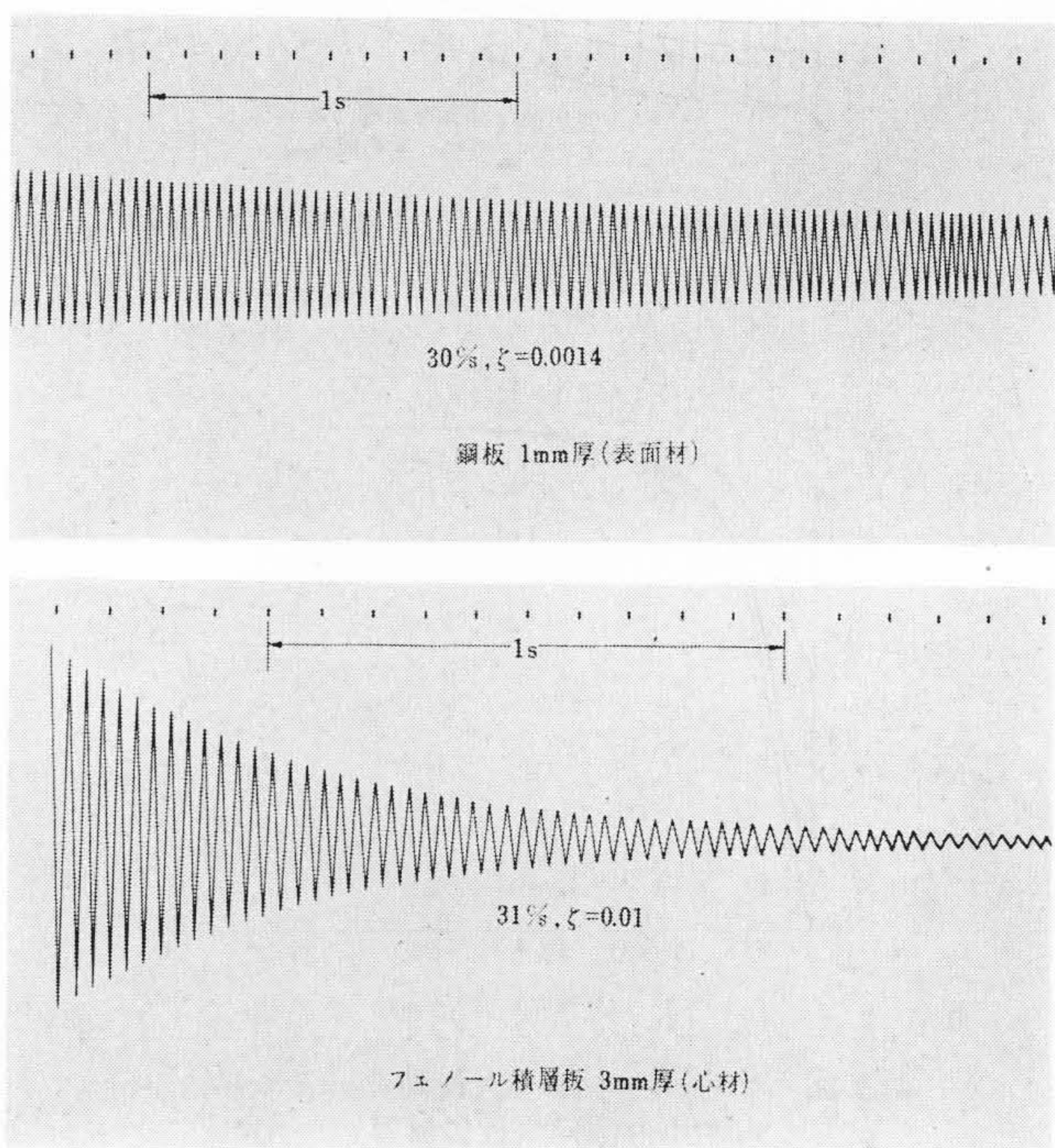
4. 実験法ならびに実験結果

4.1 基礎実験

サンドイッチ板の上記理論に基づき、はりについて基礎実験を行



第12図(a) サンドイッチはりの自由減衰振動のオシログラム



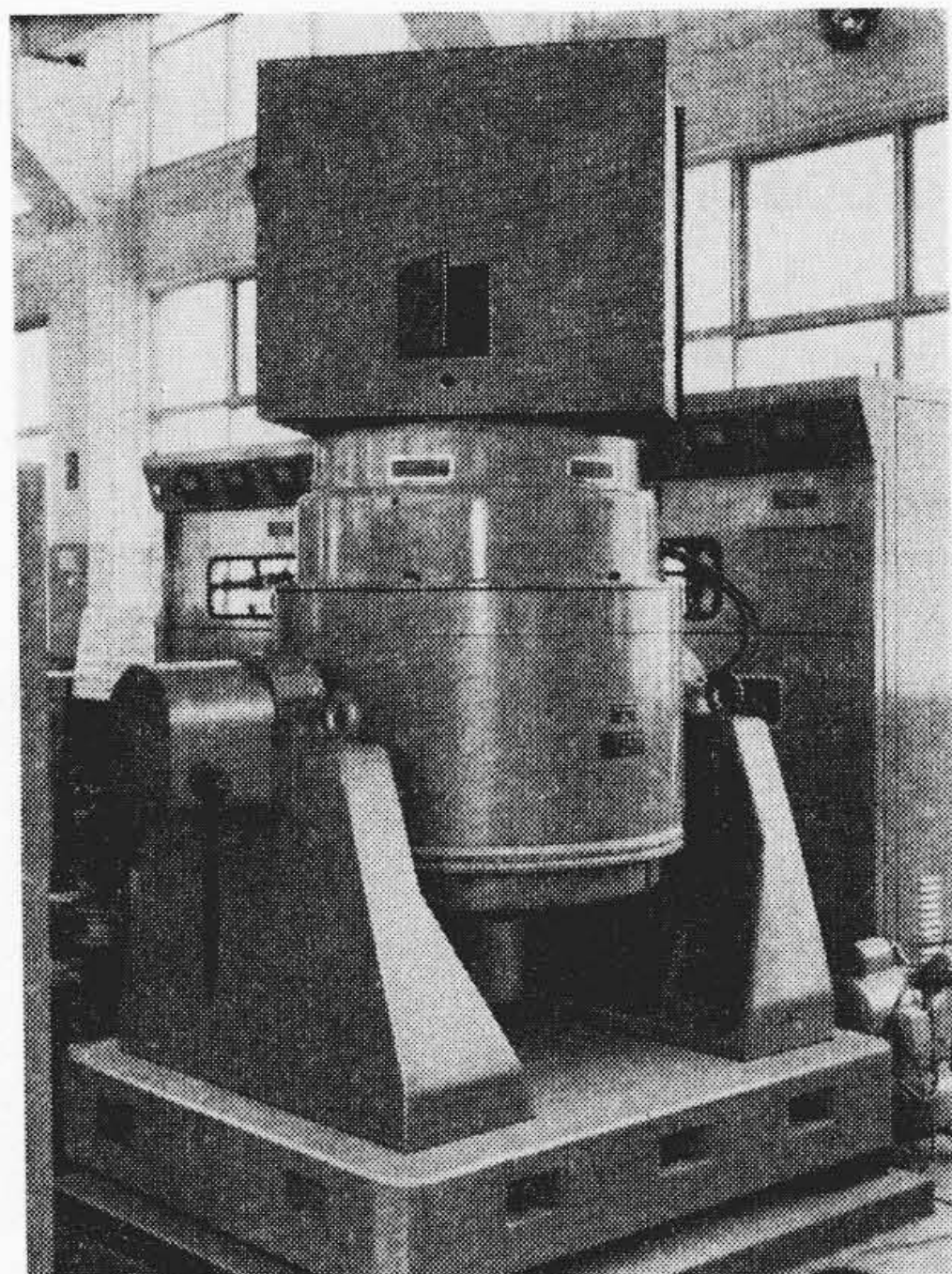
第12図(b) サンドイッチはりの心材および表面材単独の自由減衰振動のオシログラム

なった。試料は片持はりとして使い、試料寸法 $l=250$ mm、心材はフェノール積層板 3 mm 厚、表面材は鋼板 1 mm 厚、粘弾性層はゴム系統の接着剤セメダイン 550 とハマタイト Y300 である。

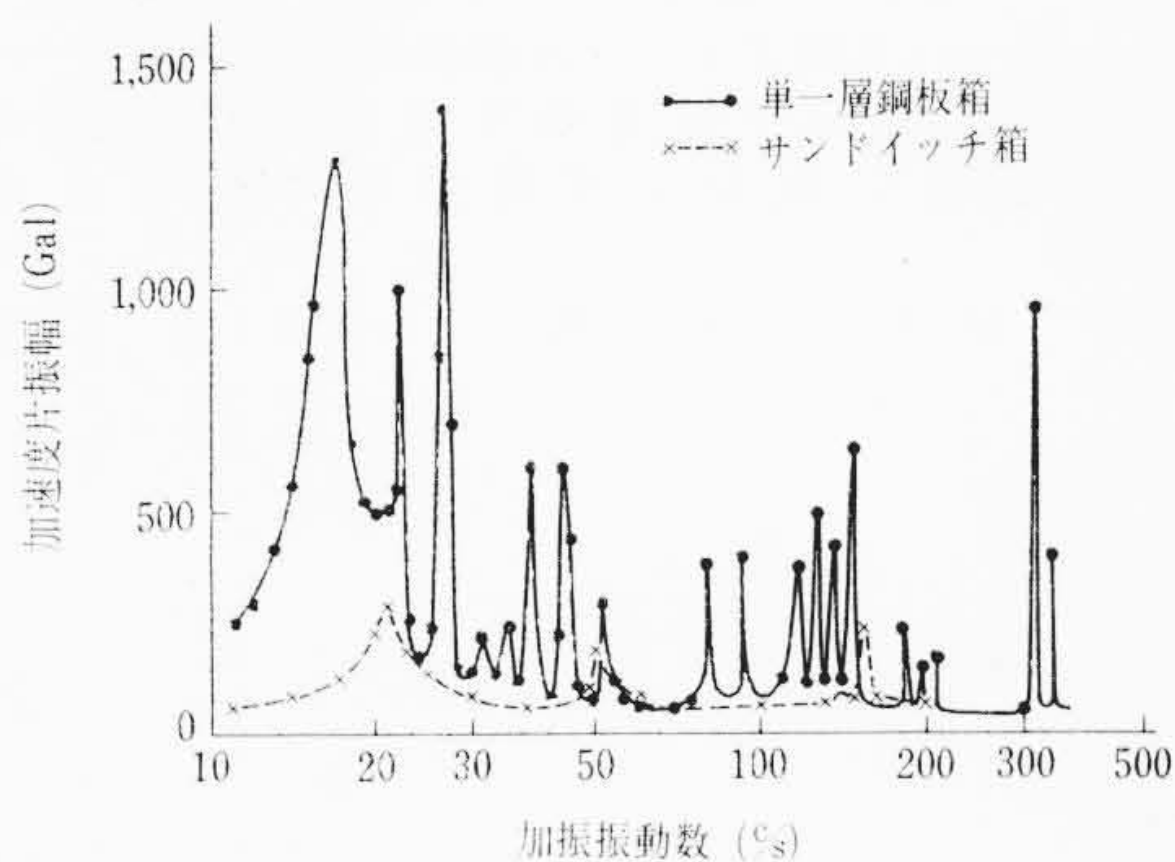
接着剤が完全に固化せず粘弾性的特性を有している状態において、試料を片持はりとして自由振動させたときのオシログラム(第12図(a))より、こわさ比と減衰比の関係を求めた。減衰比 ζ と損失率 η の関係は、 ζ が小さい範囲では近似的に $\eta=2\zeta$ が成立するのでこれより η を求めた。

参考のために心材および表面材単独の自由減衰振動を第12図(b)に示す。これらのオシログラムより心材および表面材の減衰比はそれぞれ $\zeta=0.010$ ならびに $\zeta=0.0014$ となること、これに比べてサンドイッチ板の減衰比 $\zeta=0.12\sim0.16$ となり、構成部材の内部減衰の10~100倍という大きな値になることがわかる。

第10図に△および▲印で示すのがそれぞれ Y300 およびセメダイン 550 使用時のデータである。パラメータ $\beta=1.025\sim1.027$ (接着



第13図 サンドイッチ板箱の加振実験装置

第14図 単一層鋼板箱とサンドイッチ箱の比較
加振台の振動加速度 0.3 g 一定の場合、天井中央部の垂直方向振動加速度の周波数特性

層の厚さ $h_2=0.2\sim0.3$ mm) が右側二つの実験点に対応し、 $\beta=1.021\sim1.022$ ($h_2=0.3\sim0.4$ mm) が左側二つの実験点に対応する。このデータより逆に本実験の条件下でセメダイン 550 の損失率 $\eta_2\approx0.5$ となることが推定される。

4.2 応用実験、サンドイッチ箱と単一層箱の振動特性の比較

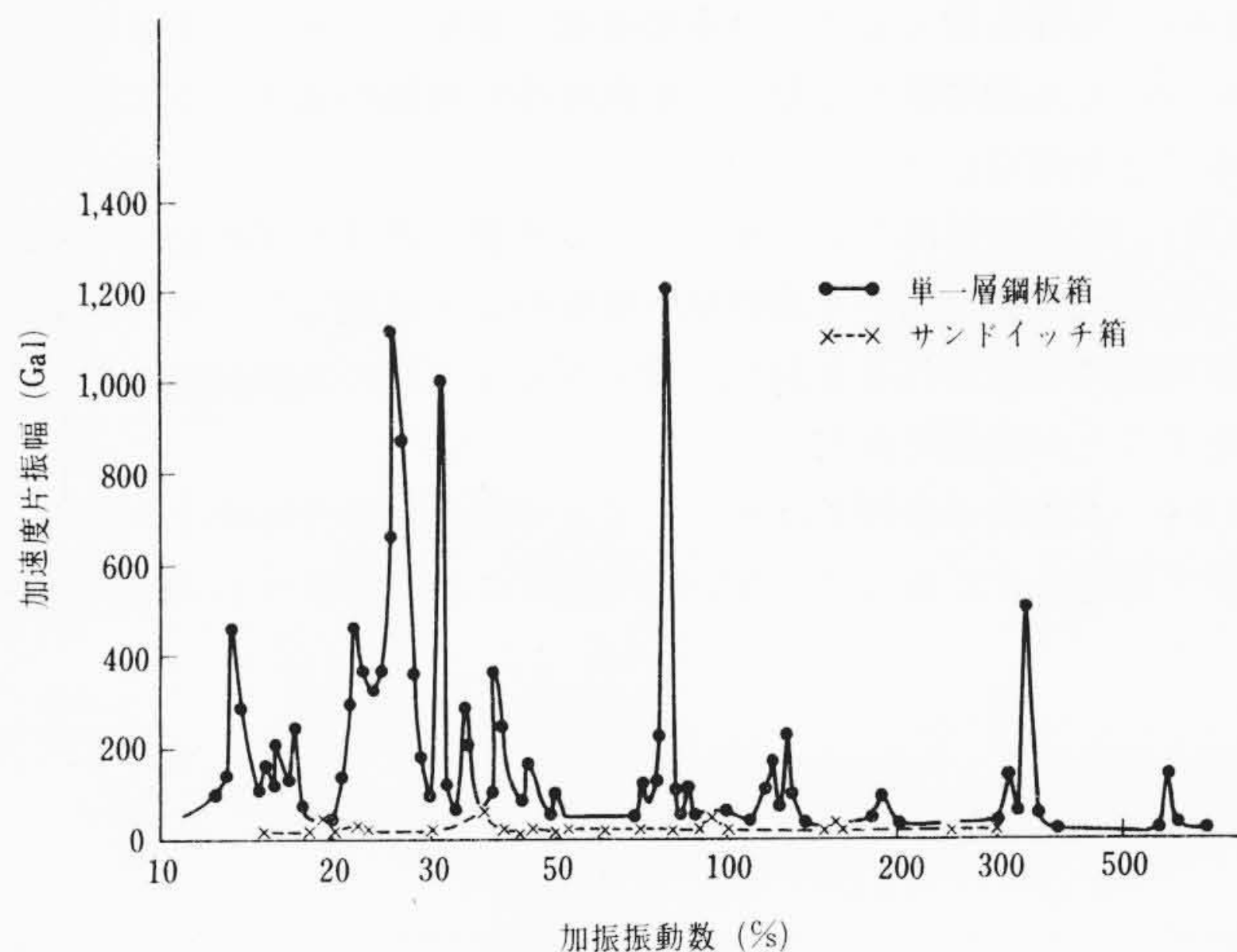
特殊な場合への適用を目的として、粘弾性層よりなるサンドイッチ板により構成された箱の振動特性を実験した。この結果を一般に用いられる単一層鋼板より構成された箱の振動特性と比較した。

実験に使用した箱はいずれも $570\text{ mm}\times870\text{ mm}\times770\text{ mm}$ (縦×横×高さ) の寸法で、サンドイッチ板は心材としてフェノール積層板 3 mm、表面材に 0.5 mm 厚の鋼板、粘弾性層としてゴム系統の接着剤ボンド G10 を用いた。接着層の厚さは約 0.1 mm である。接着剤は溶剤の揮発により固化するので接着後接着層が安定してから測定を行なった。

単一層鋼板の箱は 1.6 mm 厚の板厚よりなる。サンドイッチ箱の重量は単一層箱の重量の 93% にあたる。

実験は第13図に示すように、供試箱を大形加振機の加振台の上に乗せて床に定常振動 (0.3 g 一定) を与えて行なった。加振機は明石製 ASE-7 形、電気的出力 10 kVA、機械的出力 1 t、周波数範囲 5 c/s $\sim$ 2 kc で負荷に関係なく一定振幅で駆動できる。

床の振動加速度を 0.3 g 一定とし、10 $\sim$ 300 c/s の範囲で垂直方向に加振した場合、天井中央部垂直方向の振動加速度の測定結果を第14図に、加振方向と直角方向 (水平方向) の振動加速度の測定結果を第15図にサンドイッチ板ならびに単板に対して示した。

第15図 単一層鋼板とサンドイッチ箱の比較
加振台の振動加速度 0.3 g 一定の場合、側板の水平方向の振動加速度の周波数特性

まず各板について減衰比の平均値を求めたところ、サンドイッチ板の ζ は 0.032、単一層板の ζ は 0.007 を得た。これらの値を 4.1 節の片持りの場合の値と比較すると、サンドイッチ板の長さが長くなる (α が大きくなる) と粘弾性層のせん断の効果が小さくなって、はりの場合の $1/3\sim1/5$ の大きさの減衰比となり、単一層板は板の接合部に生ずる slip damping の影響が顕著に現われるため、はりの場合の減衰比 (材料の内部摩擦に対応する値) の 5 倍程度の大きさになる。

つぎにサンドイッチ板と単板の共振振幅を比較してみる。板の長さ l と強制力が等しければ共振振幅 y_r は、 C を比例定数、 B を静剛性、 η を損失率とすれば $y_r=C/B\cdot\eta$ で表わされる。 y_{rs} をサンドイッチ板の共振振幅、 y_{rm} を単一層板の共振振幅、 m, s をそれぞれ単一層およびサンドイッチ板の特性を示すサフィックスとすれば、

$$\frac{y_{rs}}{y_{rm}} = \frac{B_m \eta_m}{B_s \eta_s} \quad (26)$$

この場合 $B_m/B_s=0.108$ 、 $\eta_m/\eta_s=0.218$ であるので $y_{rs}/y_{rm}=0.024$ 、すなわちサンドイッチ板の共振振幅は単一層板の 2.4% となることが予想される。

サンドイッチ箱の天井板はエッジを特殊な構造にしたので剛性は単板の 1.4 倍にはなっていないが、それでもなお第14図に示すように共振峰は 3 個しか現われていないのに対し、単一層板では無数の鋭い共振峰が現われている。

サンドイッチ板の側板はエッジの条件を完全にして剛性が理論値どおりになるようにしているので (26) 式が成立する場合である。第15図に示すように共振振幅はほとんど現われないのに対し、単一層板では無数の鋭い共振が現われる。この図より y_{rs}/y_{rm} を求めてみると 0.05 となり理論値に近い値となる。

5. 結 論

(1) せん断減衰機構を用いた構造として対称形 5 層サンドイッチ板について考察した。解析は Ross らの方法を拡張したもので、はりの曲げ剛性と減衰の関係を種々な境界条件に対して求め二つの無次元パラメータで表わした。

(2) サンドイッチ板のこわさ比と損失率の関係は β をパラメータにすると境界条件による偏差が小さくなり同一傾向となる。各 β に対して最大の損失率 η_e を与えるこわさ比が存在する。

(3) 一次振動モードの共振を最小にする条件は、 β を 1 に近づけ α を 3 に近づけることによって満足される。

- (4) 粘弾性層としてゴム系接着剤を使用したサンドイッチはりについて基礎実験を行ない、振動特性が理論の示すように優秀なることを確認した。
- (5) 応用を目的としてサンドイッチ板で箱状モデルをつくり、その振動特性を同一寸法の単一層板の箱と比較した。その結果ほぼ理論で予想されるとおり、サンドイッチ箱の共振振幅は小さくなることを確認できた。
- (6) 本実験の範囲ではサンドイッチ板の粘弾性特性は、理論の示す最適条件になっていないので将来これを改良する方向に進み

たい。

終わりに臨み本研究に対しご指導を賜った日立製作所日立研究所北川博士ならびに小堀研究室長に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 一柳：粘弾性層を用いた対称型5層サンドイッチ板の振動特性：機学会講演前刷集 No.124, 33～52 (昭39-11)
- (2) J. E. Ruzicka (editor)：Structural Damping, section 3, 89～116 (1958, ASME)
- (3) Yi-Yuan-Yu：Jr. Aeron. Space Sci. 29-7, 790～803 (1962)

Vol. 25

日立造船技報

No. 4

目 次

論 文

- ・耐キャビテーション・エロージョン性材料
- ・アンチピッチングタンクの理論的ならびに実験的研究
- ・円筒内面の回転式クロムメッキ法
- ・低放射性廃液の自動選別装置の試作(第2報)
- ・組立式鉛しゃへいのしゃへい効果、強度および工作法

- ・主機ディーゼル機関の振動および騒音 (第3報完)
——主機ディーゼル機関の架構の振動——
- ・新デジタル形図示平均有効圧指示装置の試作
- ・冷蔵庫内温度分布および防熱壁の熱貫流率
- ・鋼のリーマ加工について
- ・油送船“紀伊春丸”増トン改造工事

………本誌に関する照会は下記に願います………

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町 60



特許第419912号

特 許 の 紹 介



高 島 隆・藤 岡 旭・石 井 悦 男
中 野 浩 行・成 沢 宏

信 号 伝 送 方 式

この発明は共通伝送線に伝送されるパルス信号により音声信号を伝送し、中継線装置の状態を監視するほか、出線側の接続状態をすべて入線側に伝送するもので、入中継線装置 ICT への入呼があると図示していない制御回路が動作して空きレジスタを選択し、共通伝送線 HW₁, HW₂ を経て入中継線装置 ICT に接続する。これによりレジスタ R の接続が完了するとレジスタ R の変調器 M_R から接続完了信号を送出して入中継線装置 ICT にレジスタ R の捕捉および接続完了を表示する。入中継線装置に到来するダイヤルパルスは共通伝送線 HW₁ を経てレジスタ R に送られ、レジスタ R において計数、蓄積される。方路を決定するに必要なけた数たとえば C デジタルまでの計数、蓄積が終了するとレジスタ R は変調器 M_R からの信号送出を停止する。これによりレジスタ R が方路を決定するに必要なデジタルの蓄積を完了したことを検知する。一方レジスタ R は他の共通制御回路を起動し、その共通制御回路は空き出中継線装置 OGT を選択してさきの入中継線装置 ICT に共通伝送線 HW₁, HW₂ を経て接続する。出中継線装置 OGT の接続が完了すると出中継線装置 OGT の変調器 M_O から接続完了信号を送出する。入中継線装置 ICT では信号の変化により出中継線装置 OGT への接続完了を

知る。この後 D デジタル以下のダイヤルパルスは入中継線装置 ICT より共通伝送線 HW₁, 出中継線装置 OGT を経て次位局に送られる。
(後藤)

