

ラスク(多孔質鑄鉄)の構造

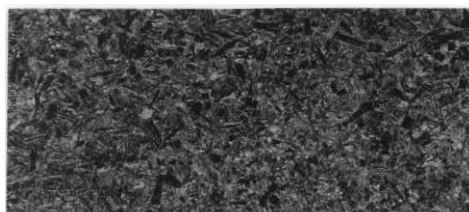


図1 多孔質鑄鉄

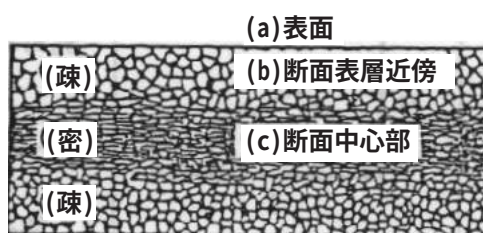
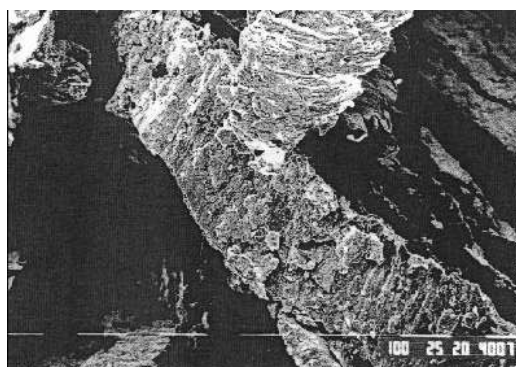


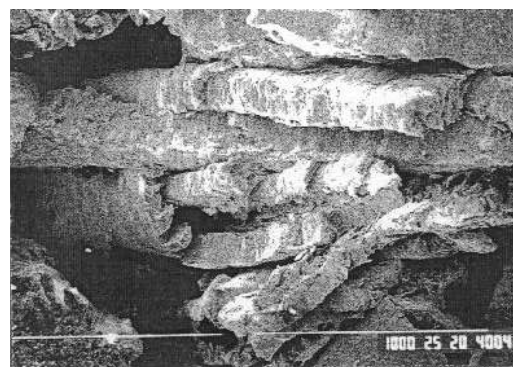
図2 多孔質鑄鉄の切断面



(a)表面(図2(a))



(b)断面表層近傍(図2(b))



(c)断面中心部(図2(c))

図3 多孔質鑄鉄切断面各部位の構造

多孔質金属の性質は、連続相の金属的性質(強度、靱性、耐熱性、伝熱性など)と分散相の気孔特有の性質(軽量化、振動吸収性、断熱性など)とのいわゆる複合材料と考えられ、フィルター、熱交換器、衝撃吸収材あるいは吸音材料など多くの用途に対応できる先端材料として、その開発の気運が著しい。

鑄鉄の切削屑(鑄鉄チップ)を原材料として、特殊な圧搾成形によって製造した多孔質鑄鉄を図1に示す。

切断面は図2のように、三層(疎-密-疎)構造になっており、(a)表面、(b)切断表層近傍、(c)切断中心部で構成されている。表面には図3(a)のように微細で不規則なスリットがみられ、断面表層部の図3(b)では切削屑が持つ複雑で鋭利な形状が失われないように互いに点接触で結合された立体架橋構造になっており、大きさと傾斜角が異なった無数のパンタグラフが乱立したような気孔率の高いゾーンを形成している。したがって様々な大きさと方向の異なる微振動に対し比較的薄い層の間で縦、横、両方向に変位を吸収し、共振現象を起こさない。

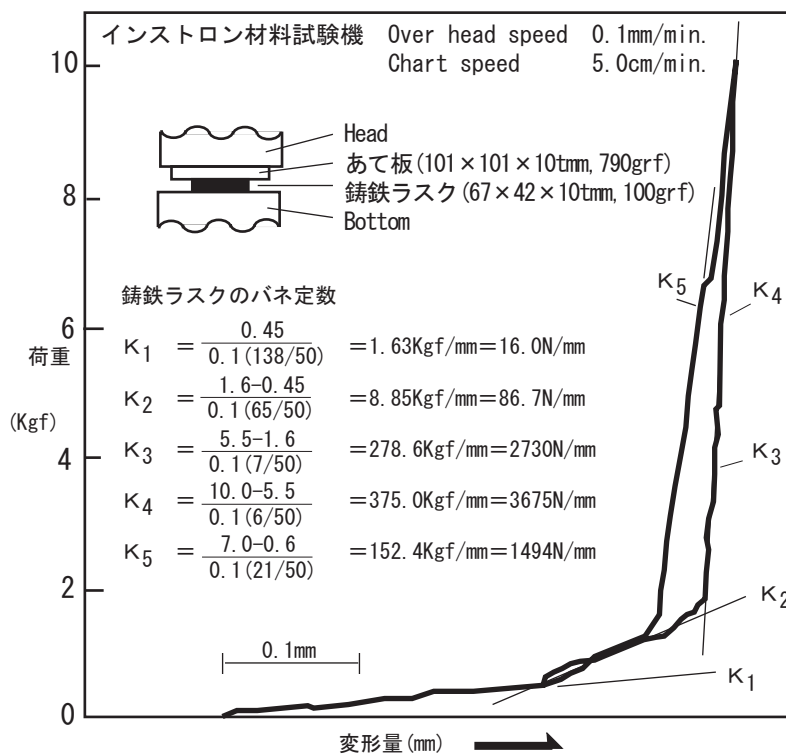
これは表層部でのポアソン比が0.35~0.55程度に分布し、均質な板状またはブロック状の材料では得難い弾力性を備えると同時に幅広いバネ定数を有しているためである。

一方中心部では図3(c)のように接合度が高く剛性が高くなっており板構造の軸面として安定した強度を出す。このような疎、密、疎、の密度構成が連続的に変化していることが制振、吸音その他の性能に対してきわめて有利に作用している。

ラスク機械的性質

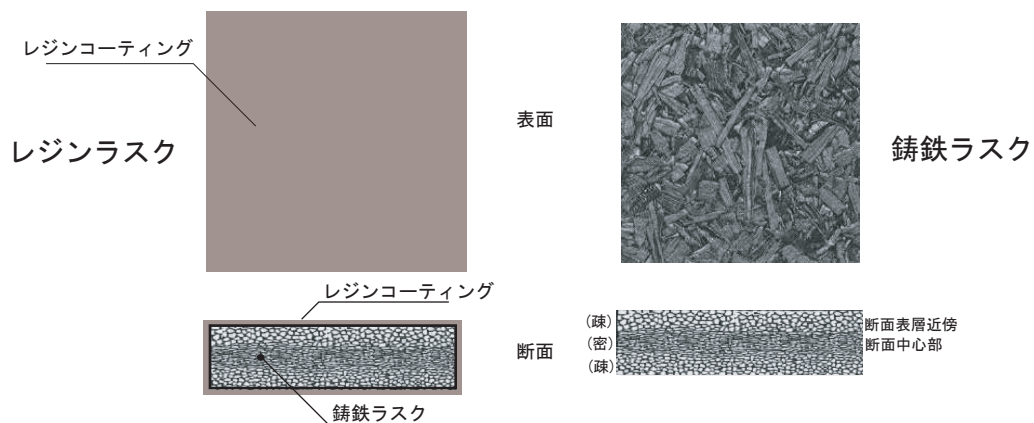
鑄鉄ラスク (10mm厚)

引張強度	4.9N/mm ²	引張弾性率	19,786N/mm ²
曲げ強度	14.7N/mm ²	曲げ弾性率	11,691N/mm ²
圧縮強度	19.6N/mm ²	ポワソン比	0.35~0.55
バネ定数	下図	比 重	3.75



レジンラスク (10mm厚のラスクに2mm厚のレジンコーティング)

圧縮強さ 99N/mm²

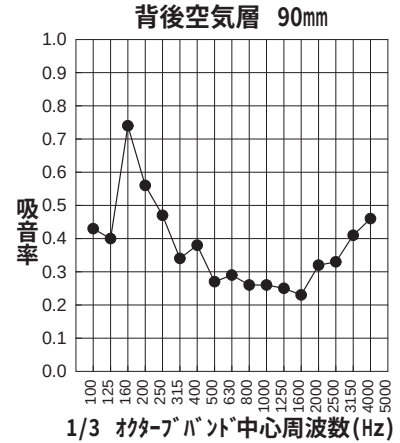
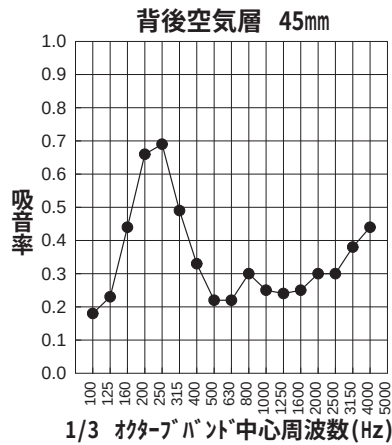
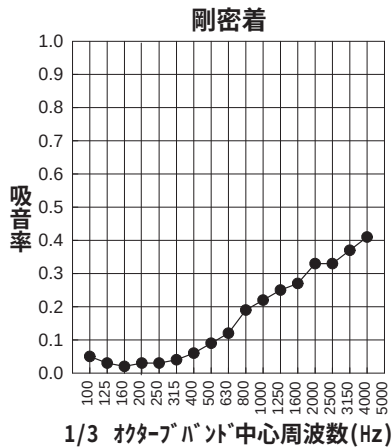


ラスク吸音特性

残響室法吸音率

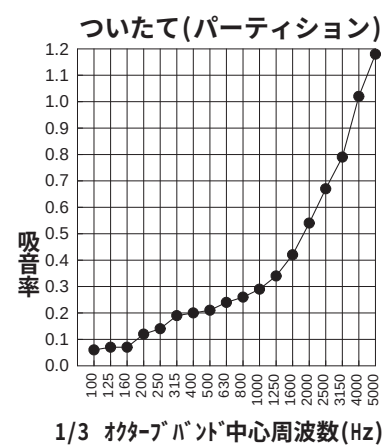
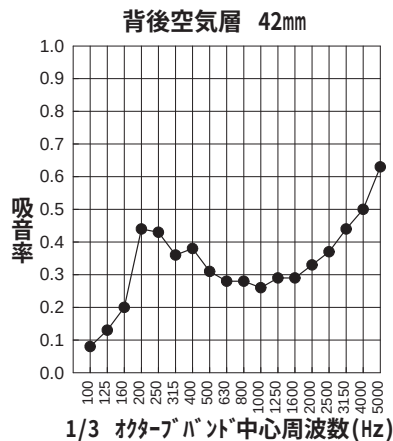
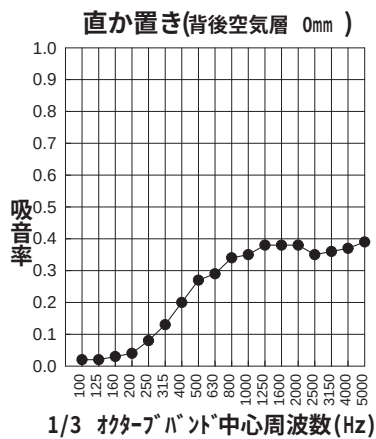
ラスク 6mm

測定機関：小林理学研究所



ラスク 10mm

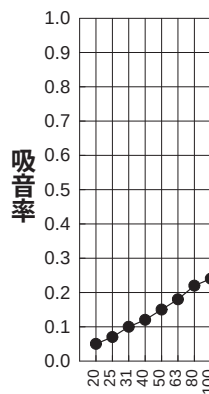
測定機関：日本建築総合試験所



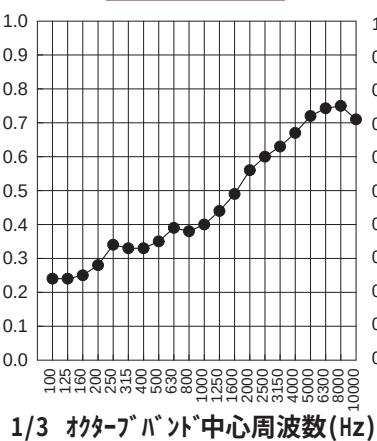
BATTELLE Columbus Laboratorie

鋳鉄ラスク 10mm
背後空気層 42mm

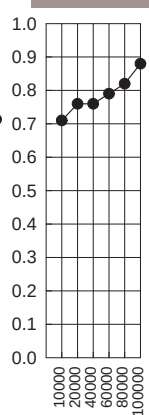
流れ抵抗法



残響室法吸音率



斜入射法



音場調整の実施例

フラッタ・エコーの対策

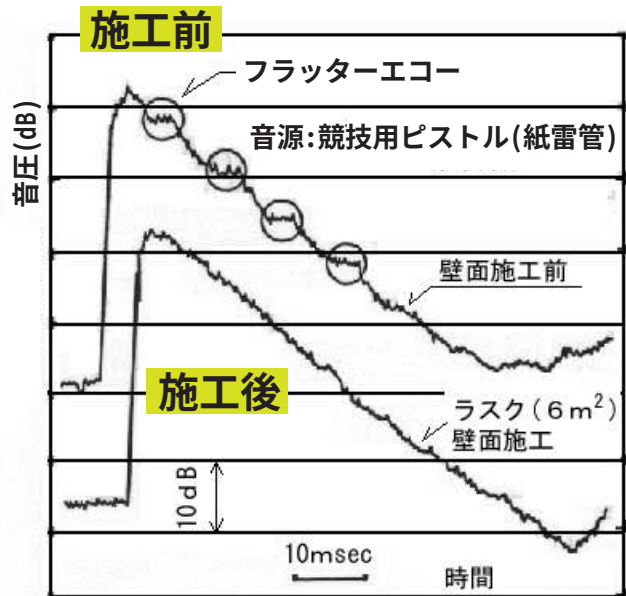
アマダホール(株)アマダ)

フラッタ・エコーとは

音を反射しやすい壁などが、平行に構成されていると、ピチピチ…、プルル…といった音色の反射音が生じる。この反響をフラッタ・エコーという。音の輪郭がハッキリせず、時には濁った感じの音質となり、避けるべき特異現象です。

ラスクによる改善策は

右の図は、座席数157の小ホールで生じたフラッタ・エコーの改善例です。ホールの片側壁面にわずか6m²のラスクを取り付ける(背後空気層60mm)だけで、ほぼ完全にフラッタエコーは消滅し、音声は明瞭に聞き取れるようになりました。



フラッターエコー対策例(音圧レベル減衰曲線)

残響時間の調整

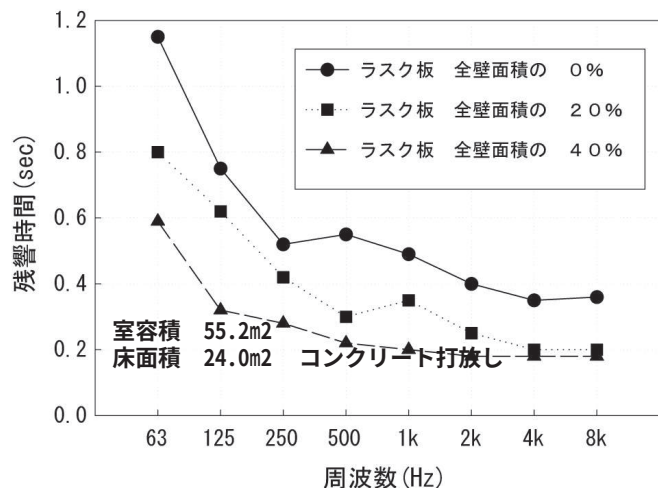
オーティオルーム(葛城産業(株))

残響時間とは

音を急にとめても、瞬時に聞こえなくなるのではなく、しだいに減衰していつか聞こえなくなります。このように音が残る現象を残響と云い、音を止めてから60dB減衰するのに要する時間を残響時間といいます。室の使用目的によって、最適残響時間が変化しますが、特に低い周波数(低音)の制御が困難とされています。

ラスクを用いれば

図は、部屋の壁面にラスクを設置して、残響時間がどのように変化するかを表しています。ラスクを壁面積の40%程度の使用によって、残響時間を約1/2に減少させることができ、特に500Hz以下の低周波数の調整に効果を発揮します。



施工例

大阪フィルハーモニー会館



舞台・客席
可動パーティション(壁音)

伊丹A Iホール



大津SPホール



可動ステージ床制振)
可動間仕切壁(壁音)

アリーナ壁面(壁音)
2階客席壁面(壁音)

音場調整例 1

ラスクパーティションを用いた音場調整例

音楽ホールの音場調整

指揮者、演奏者、聴衆に最適な音場を提供します。

大阪フィルハーモニー会館練習ホール(大阪フィル)や東京文化会館リハーサルホール(東京都響)等で使用されています。

ラスクパーティションは、通常ステージ上の後壁、両袖、客席の両側壁、後壁に置いて使います。つまり、演奏者と聴衆をグルリと囲むように設置します。室内壁面からの反射音を適度に吸収するので、余計な音が消え、芯になる音がはっきりとします。これは、直接音とそのあとに到達する、2次、3次、それ以上の多重反射音が重なり合って作り出す不具合な音場を、独特な吸音特性を持つ「ラスク」によって調整されているからです。

なお、このような音楽ホールから小規模なライブ演奏を行うホールまで、パーティションは用いられていますが、主に、フラッターエコーや遮音対策、残響時間の調整に用いられています。



演奏者の背後に並べる



聴衆を囲むように配置

大阪フィルハーモニー会館練習ホール

スタジオの音場調整

スタジオ録音においては通常各楽器の分離をよくするために遮音衝立を設置します。ラスクのパーティションは、遮音効果が非常に大きく、衝立の反射による音色の乱れがない、衝立の使い方で必要な楽器の音圧が上昇する、さらに、スタジオ自身のクセ(音響特性)を軽減できるといった特徴を持っています。



スタジオ内で使用されているパーティション(特注)

騒音対策施工例

ブローアークの騒音対策

写真のようなブローアーク(水道管洗浄用)の騒音を低減するために、鋼板の内側にラスクを全面に貼り、グラスウールで吸音処理した場合と比較した。

エンジンのみ作動させた場合

結果は、グラフからもわかるように、オールパス(AP)で、約30dB減衰した。また、グラスウール処理で最も大きいレベルの2kHzあたりでは、34dBの低減がみられた。

エンジン、ブローアークを同時に作動させた場合

測定の途中で、近隣から苦情の申し入れによって中止したが、APでは、同じく約30dB減衰した。



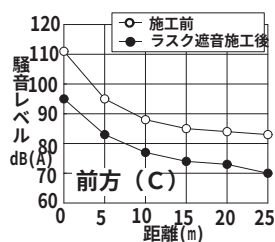
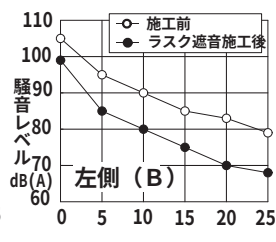
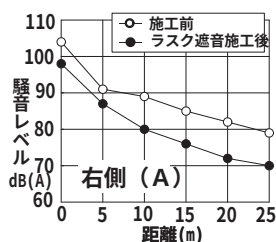
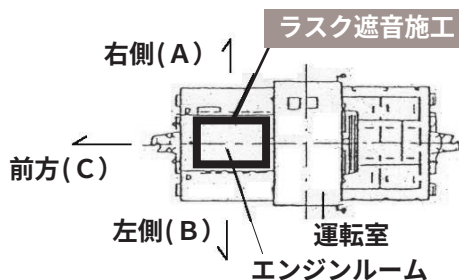
ブローアーク



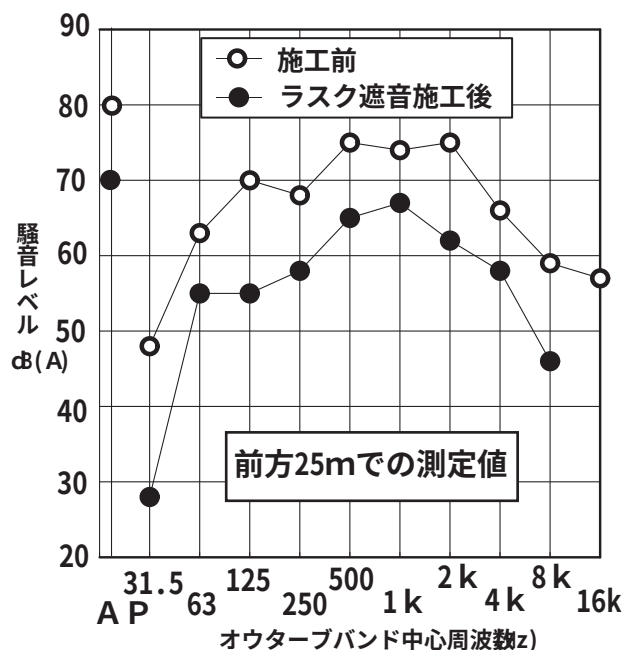
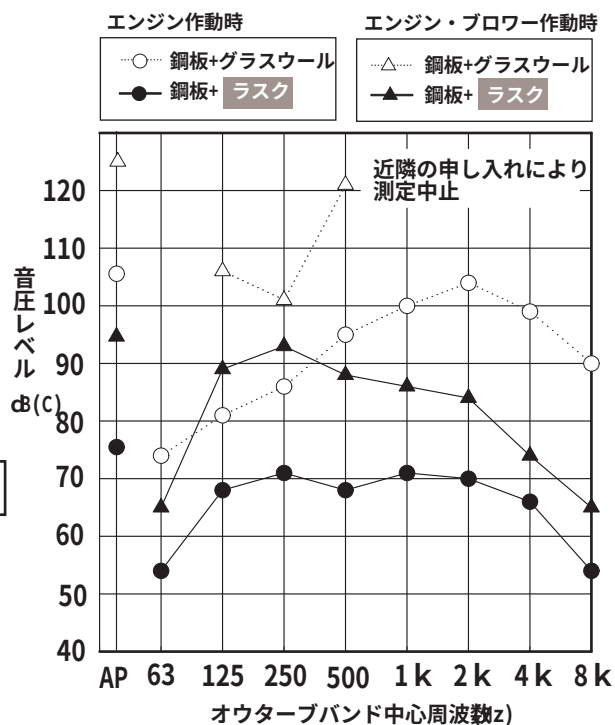
鋼板内側にラスクを貼り付ける 機器設置後のブローアーク内部

軌道モーターカーの騒音対策

軌道モーターカーのエンジンカバーの内面にラスクを貼り付け施工し、前方、左右3方向の騒音レベルを測定した。どの方向においても25m離れると、騒音レベルが70dB(A)以下になり、規制値をクリアすることができた。



車両後面部中央、側壁から1m、高さ1.4m



ラスクと防振ゴムの比較

ラスクと防振ゴムに、それぞれ荷重を加えた状態で振動吸収性を比較した。防振ゴムは、荷重を加えることにより、ゴムの動きが抑制されるため、振動吸収性は低下していく。ラスクは、形状の動きで振動吸収を行うのではなく、共振現象を利用して振動吸収を行うため、形状が変化しなくても振動吸収ができ(図1)、荷重が大きくなれば、よりラスクに振動が伝わり吸収量も上昇する傾向を示している(図2)。

$$\eta = \frac{\Delta f}{f_r} \quad (f_r < 500\text{Hz})$$

η : 損失係数

f_r : 共振周波数(Hz)

Δf : 半値巾(Hz)

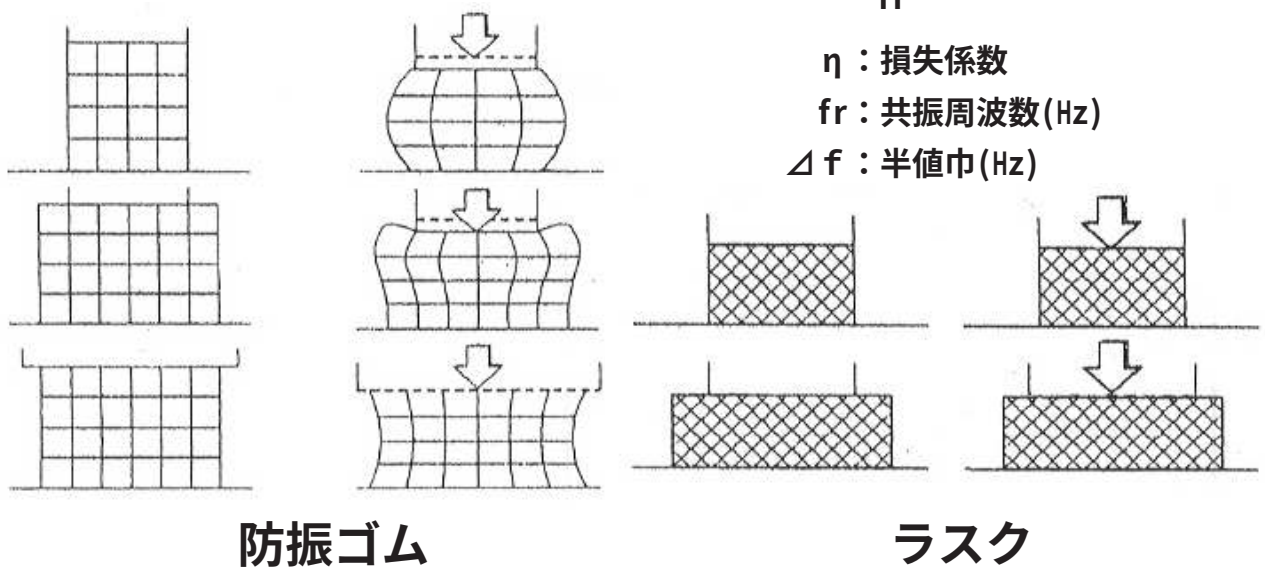


図1 荷重の加え方による形状変化を表した図

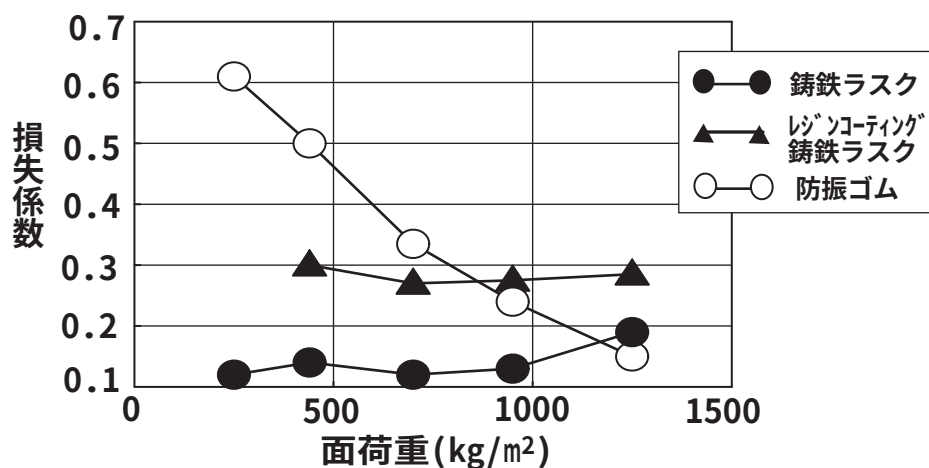


図2 面荷重と損失係数の関係
(測定：大阪府立工業技術研究所、箕輪研究室)

損失係数 ラスク層数によるレジンラスクの損失係数

ラスクが1層と5層のレジンラスク(図1)で、図2のような実験を行い、それぞれの損失係数を求めた。図3に示すように、ラスク1層では、0.198であった損失係数は、5層では、0.449となった。ラスクの層が増えるに連れて、損失係数は向上することがわかった。

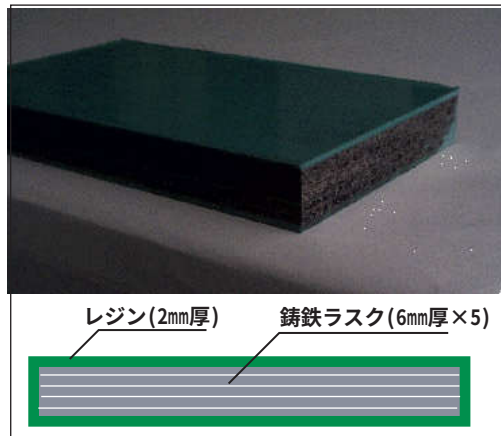


図1 5層のレジンラスク

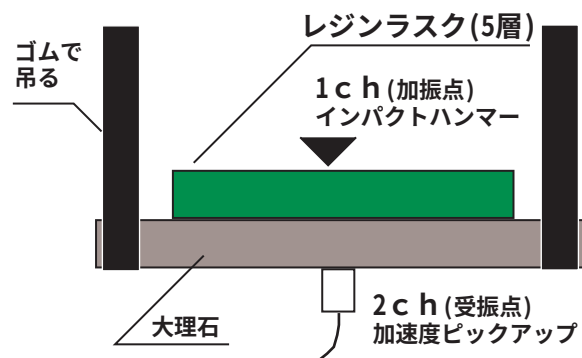
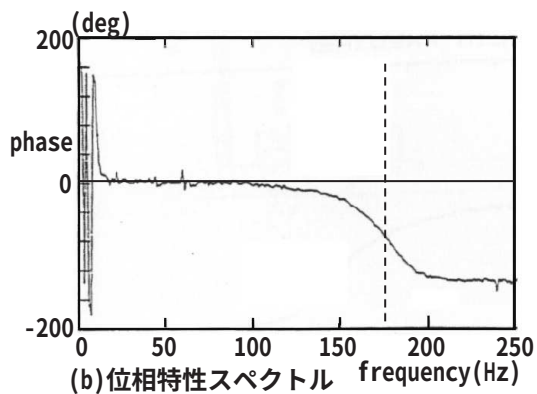
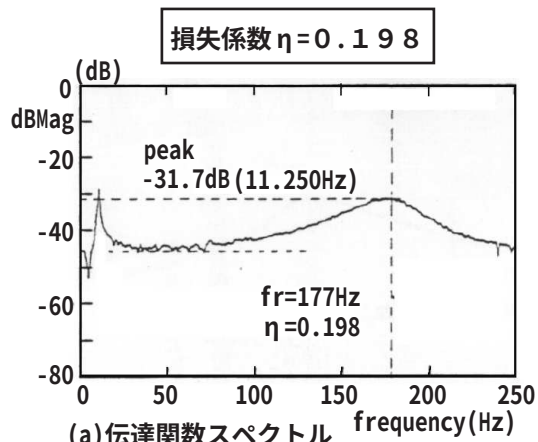
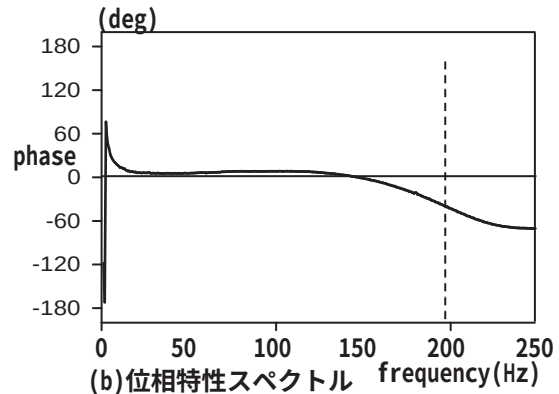
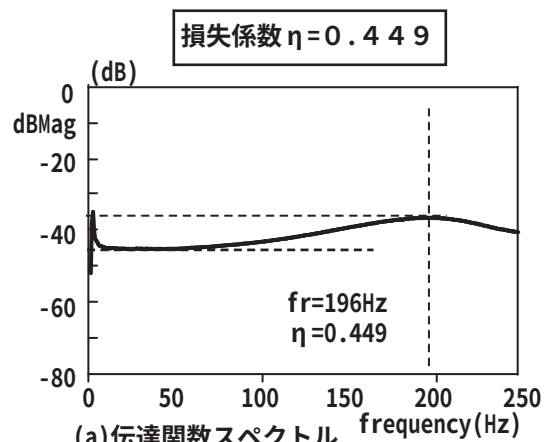


図2 実験の様子



ラスク1層の場合



ラスク5層の場合

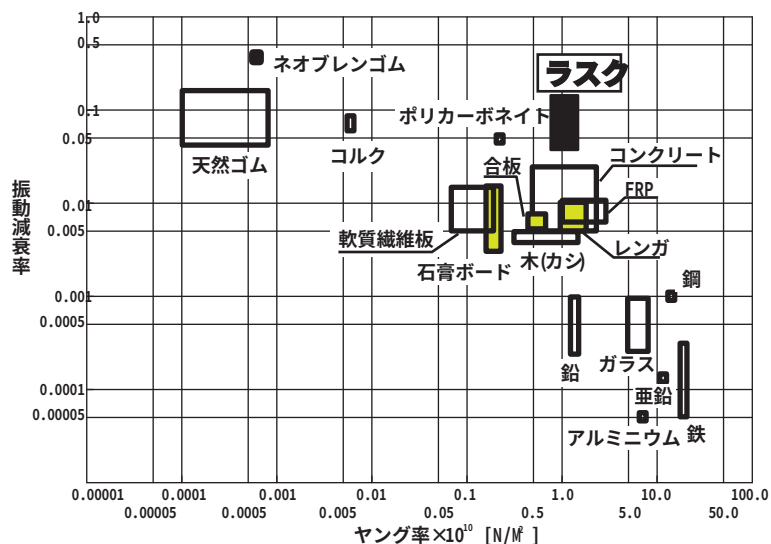
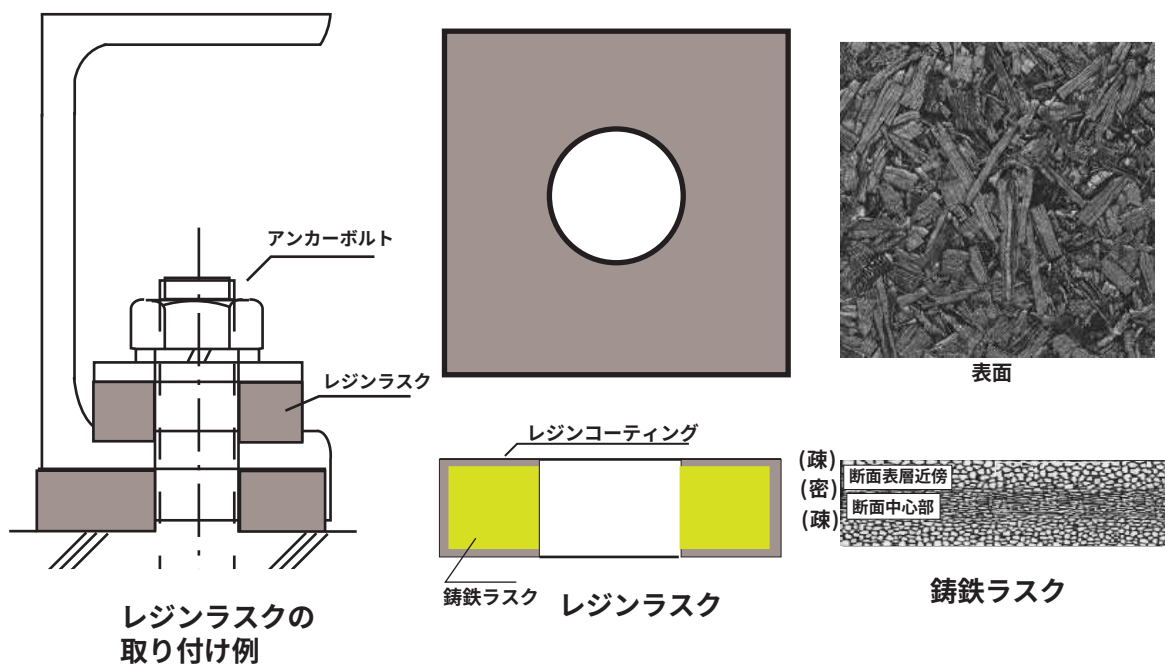
図3 損失係数の比較

「レジンラスク」の概要

「ラスク」は、金属チップを電気で直接通電し、加圧によって成形した多孔質金属材料です。断面は、密度的には「疎」-「密」-「疎」の三層一体構造になっており、この構造により、振動吸収性をはじめ、吸音、遮音等の多くの特性を持っています。

「レジンラスク」は、ラスクの表面をレジン(樹脂)でコーティングしたもので、耐候性や強度特性、振動吸収性を高めています。防振材として用いられ、特に「しっかり締め付けて固定することのできる」ことが特徴です。

以下に、鋳鉄ラスクの図、レジンラスクの図、振動減衰率、取り付け例を示します。



振動減衰率とヤング率の関係

新幹線の防振工

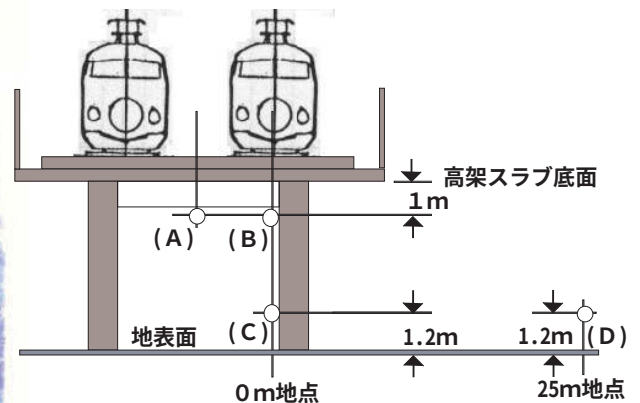
ラスクと防振ゴムの比較

新幹線におけるラスクバラストマットの実験結果です。

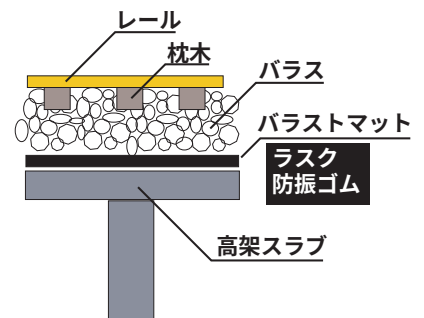
防振ゴム製バラストマットでの騒音対策後の対策をラスク製バラストマットで行った結果を表にしている。高架橋からの影響が伺われるところの音圧が大きく減衰している。これは、列車が通過するとき大きく高架橋が振動し音を放射していることを物語っている。そのため高架橋の振動対策特に線路と車輪で作られる振動によるものが大きく、その対策を施すことで高架橋付近の振動騒音対策ができることを物語っている結果になった。遠く離れた場所での騒音の低下が少なかったのは、パンタグラフや車体から発生する風きり音や列車と列車の連結部の隙間で起こる音の発生など防音壁の上を飛び越えてくるものと防音壁が振動して発生する低周波音などがあり、その辺もこれからの課題になる。



高架スラブの上に敷き詰められたレジんラスク



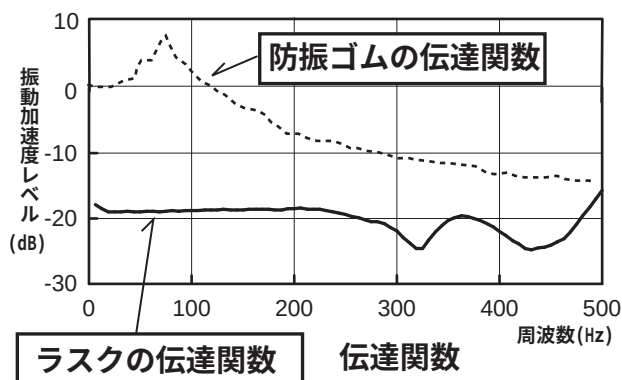
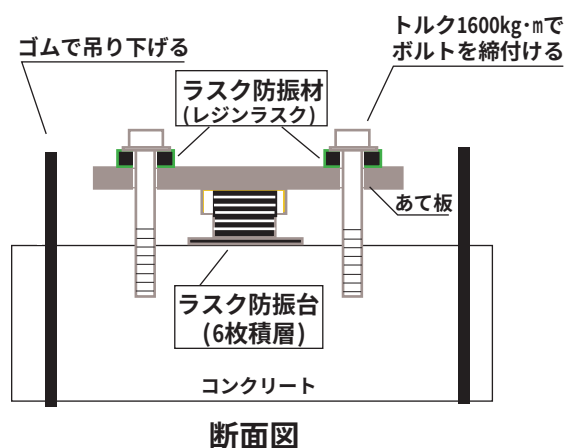
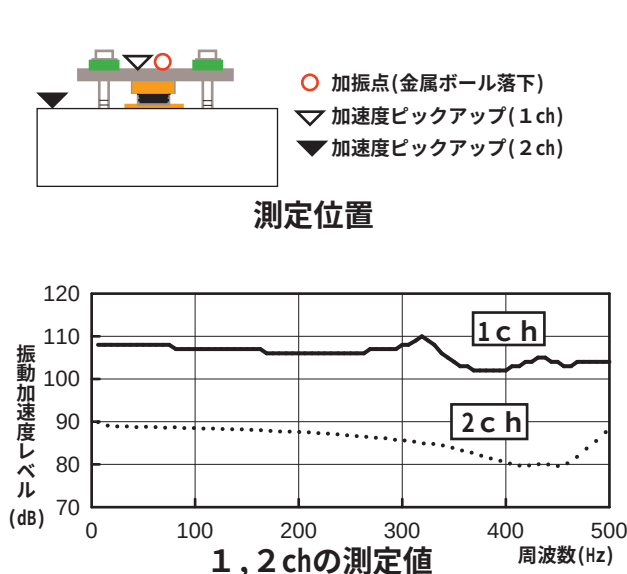
騒音レベル測定箇所	単位 dB(A)		差
	防振ゴム	ラスク	
(A) 高架中心線上 スラブ底面下1m	84.1	74.9	-9.2
(B) 上り軌道中心線上 スラブ底面下1m	83.3	75.0	-8.3
(C) 地上1.2m(0m地点)	84.1	76.1	-8.0
(D) 上り線側0m地点より25m 地上1.2m(25m地点)	79.2	76.1	-3.1
暗騒音レベル	～66.8		—



防振台 ラスク防振台に荷重を加えた状態における振動測定

コンクリート枕木の上にラスク防振台(型番：IS-100-6)をおいて線路の締結金具のボルトを使いトルク1600kg・m の力で図のように締め付けた。ラスク防振台上部のあて板に金属ボールを落下させ、防振台下のコンクリート枕木にどのような振動が伝わったのかをあらわしています。

ゴムなどの従来型の防振台では、このような荷重を加えた状態での測定はできません。そのため、ゴムの無荷重時における振動の伝達関数とラスクの伝達関数の波形を見比べてください。ゴムの場合どうしても共振点部分がでその部分は振動吸収ができません。ところが、ラスクの防振台では、振動吸収ができない共振点が見られません。このような特徴の違いがあります。



ラスク防振台 IS-100-6

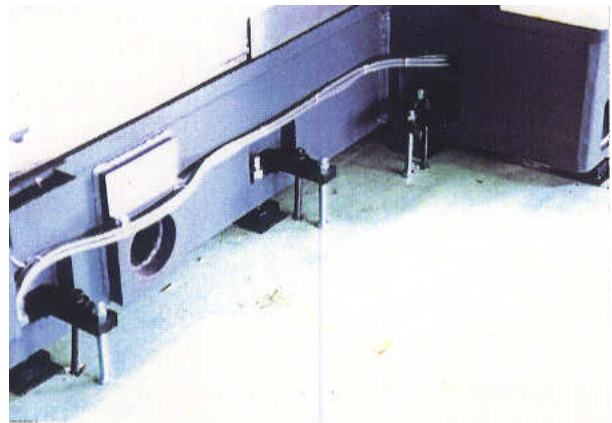
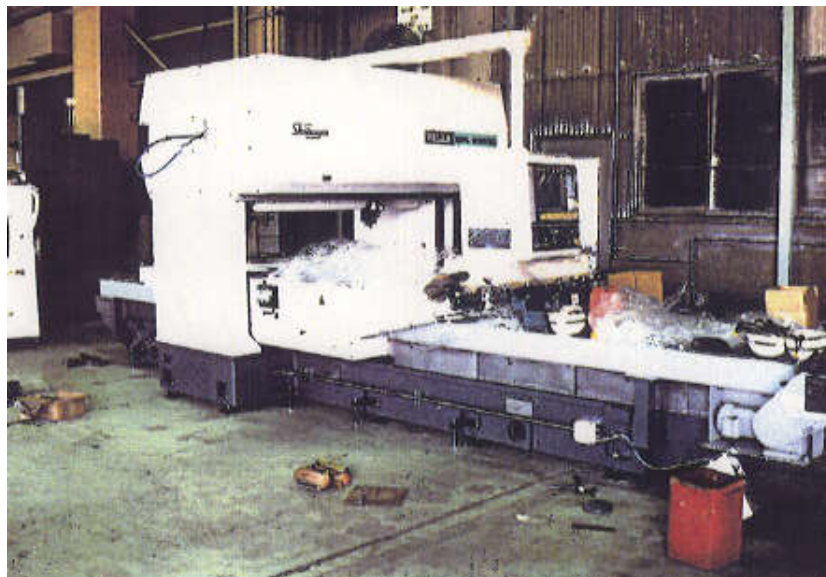
発電装置防振 マンションビルの応用例

1999年夏、神戸市JR住吉駅前再開発によるマンションビル（ビュータワー住吉館）の自家発電装置の防振対策に使用した。これはラスクの特性を活かしたものである。自家発電装置を地下ではなく屋上に持ち上げることができた。アンカーボルトでしっかり発電装置を固定しても振動対策ができることで経費の高くつく地下を避け経費が安く設置できる屋上に変更することができた。地下の現場であれば、発電機の部品を搬入し現場で組み立てることになる。屋上まで排煙のための煙突を設置することにもなり各階の住居部分のスペースが少なくなる。屋上であれば工場で組み立てられたシステムごと工事用のクレーンで吊り上げ設置場所に設けられたアンカーボルト設置しラスクの防振台介して規定通りのトルクまで締めこめば、配線し、燃料の配管をつなげば完了となる。また、煙突なども必要なく普通のマフラーですむ。一般の住民が上がってこれない屋上になっているため安全は確保される。地下スペースもめいっぱい広く使用できる。



レーザー切断装置 精密機械の応用例

今まで、このようなレーザー切断機は、写真のような大きさの機械がすっぽり入るぐらいの穴を工場の機械設置場所に深さ1mから3mぐらいをあけ、そこにコンクリートを流し込み、床に大きなコンクリートブロックを作りその上に設置していた。そのため、機械設置に早くて2ヶ月ちょっと手間取ると3ヶ月はゆうにかかった。工場の床の厚みが200mmから300mmぐらいであれば、IS-100-何番というものを機械と床の間に入れ機械を設置すれば、防振対策を施した機械設置になり早ければ工場の場所を空け機械設置完了まで1週間あれば完了することもある。（何番というのは、床の振動状況によりラスクの枚数を変えるその数字が防振台の型番につく）機械設置後1年目の定期点検時においてもミラーの狂いが非常に少ないや修正個所が減るため点検時間が短くなる。そういうことで機械の稼働時間に及ぼす影響が少なくなる。



鑄ぐるみラスク

ラスクを同種および、異種金属で鑄ぐるむことで、金属とラスクとの複合化することで鑄ぐるむ金属が持っている固有の振動吸収特性がラスクとの複合化により振動吸収特性が改善される。このラスクと複合化した結果、振動特性グラフが低域にずれ、ラスクと複合化したものが振動吸収特性を発揮していることを表している。

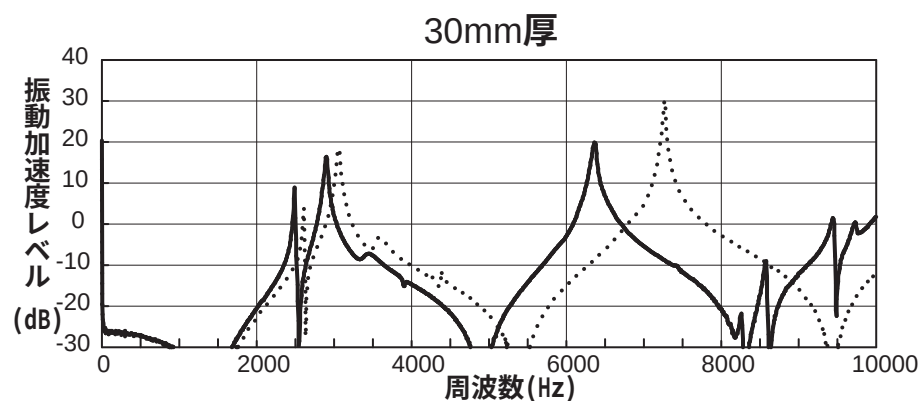
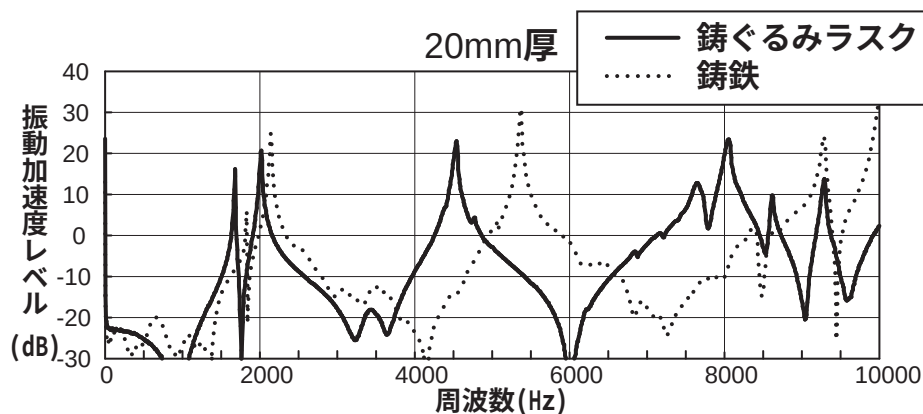
そのため振動吸収特性のある精密機械構造材として機械構造内で振動吸収を行い機械精度を向上させることができる。



20mm厚の鑄ぐるみラスク



鑄ぐるみラスク

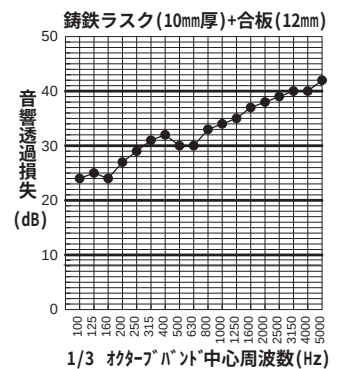
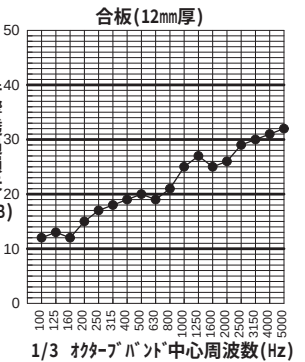
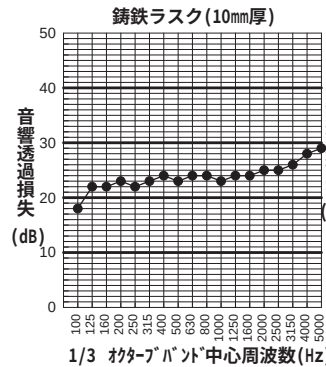
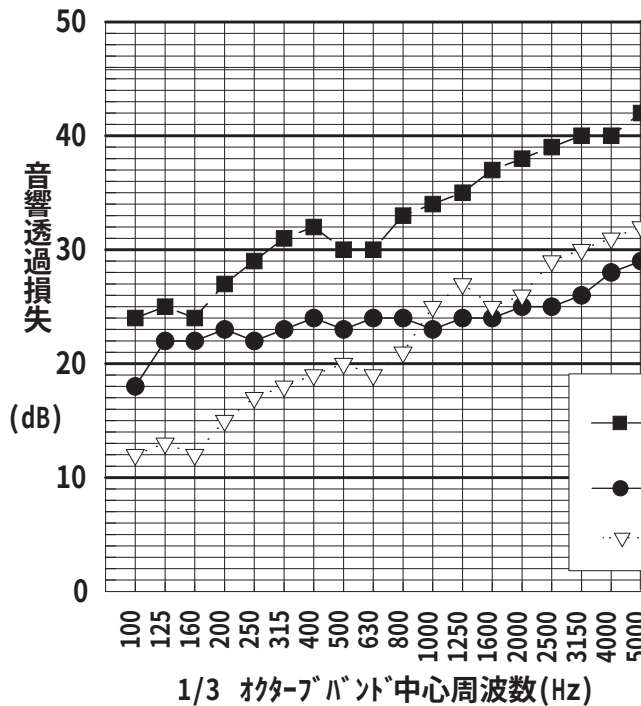


周波数特性の比較

ラスク遮音特性

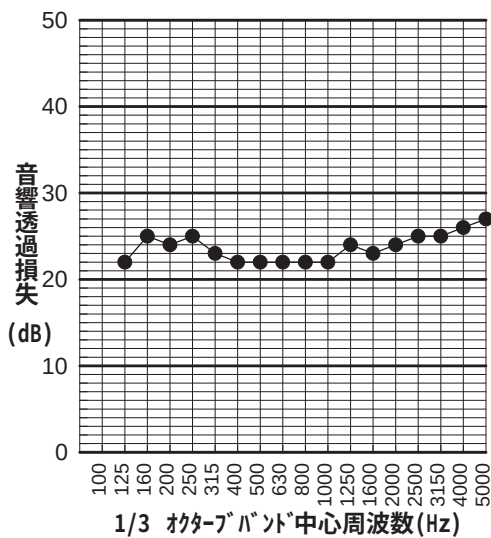
鋳鉄ラスク10mm厚

測定機関：日本建築総合試験所



鋳鉄ラスク 6mm厚

測定機関：小林理学研究所

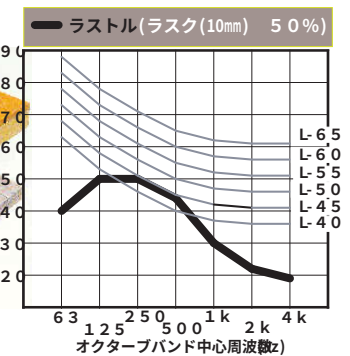
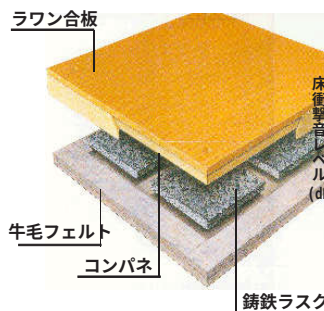


床遮音材に「ラストル」

ドスンと響く低音域の遮音性に優れています

寸法：300(W)*300(D)*41(H)mm

重量：3 kg



電磁シールド特性

電磁シールド性とは、外部からの電磁波を遮断して、内部に透過する電磁波を防ぐ性質をいいます。

ラスクは多孔質の構造を持つため、ただ単に表面の反射によるシールド効果だけではなく、表面の多くの孔から内部へ侵入してくる電磁波は、中心部に近づくごとに、小さい洞窟が蜘蛛の巣のように複雑に広がっていく中を、反射しつつけながら減衰します。これが内部吸収としてのシールド効果と考えられます。その洞窟を反射しながら通過したものが電磁波の透過量となります。金属チップの形状、大きさ、素材の持つ内部抵抗、素材の組織、材質、厚み等を検討することで、必要とする電磁波特性を有する多孔質金属を作り出すことが可能と思われます。

電磁シールド特性

シールド効果 (dB)	周波数(MHz)							
	0.5	1	5	10	50	100	500	1000
鋳鉄ラスク	76	77	77	76	74	70	64	57
銅金網		60	70	70	70	78	44	40
銅エキスパンドM		60	66	68	70	85	60	60

(鋳鉄ラスク測定：BATTELLE COLUMBUS LABORATORIES)

鋳鉄ラスクのFM放送の周波数(80MHz)に対する遮蔽効果は、表から約70dBと推定しますと、電磁波は 1×10^{-7} になり、鋳鉄ラスクで電磁シールドした部屋では、FM放送は聞こえなくなります。

銅、アルミ、鉄の金属板は、完全密閉構造において、非常に優れた電磁シールド性(1MHz～1000MHzで100dB以上の効果)がありますが、完全密閉構造を作ることが困難であるため、実用化できません。

現状では、高性能の電磁シールド材として、銅金網と精密エキスパンドメタル(銅プレート連続スリットを切り込み、引っ張って網状にする)がありますが、表から分かりますように、全周波数にわたってはほぼラスクの電磁シールド特性のほうがよい結果となっています。

アルミラスク(アルミのチップを用いたラスク)

アルミは鋳鉄よりも導電性が高いので、アルミラスクは鋳鉄ラスクよりも高性能の電磁シールドが期待できます。

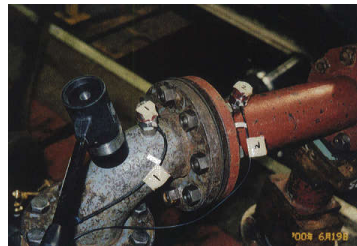
防振パッキング

水道管、排水管などは、ポンプや管内を通る流体などで作られる振動などが配管を伝わり固定しているところへ振動を運んで行き配管止め付近で騒音の原因を作り出している。こういったことを改善するには、ポンプなどの振動源との接続部にラスクをレジンで包んでパッキングの形状にしたもの(図1)を挟み込みボルトで配管内の流体が漏れないようにしっかり締めこむことでパッキングとしての役目と片方に振動が伝わってきてもラスクのパッキングで振動を吸収し接続されている片側の配管に大きな振動は伝わらなくなる(図2)。配管によって振動を配ることが無くなり配管を固定している配管止め付近での騒音は解消できる。

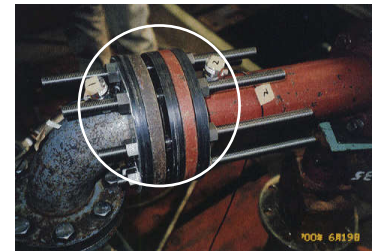
図3は、通常のゴムパッキングとラスク防振パッキングとの振動の伝わり方の測定結果を比較したものです。



図1 ラスク防振パッキング



従来のゴムパッキング



ラスク防振パッキング

図2 パッキングの取り付け (ポンプ)

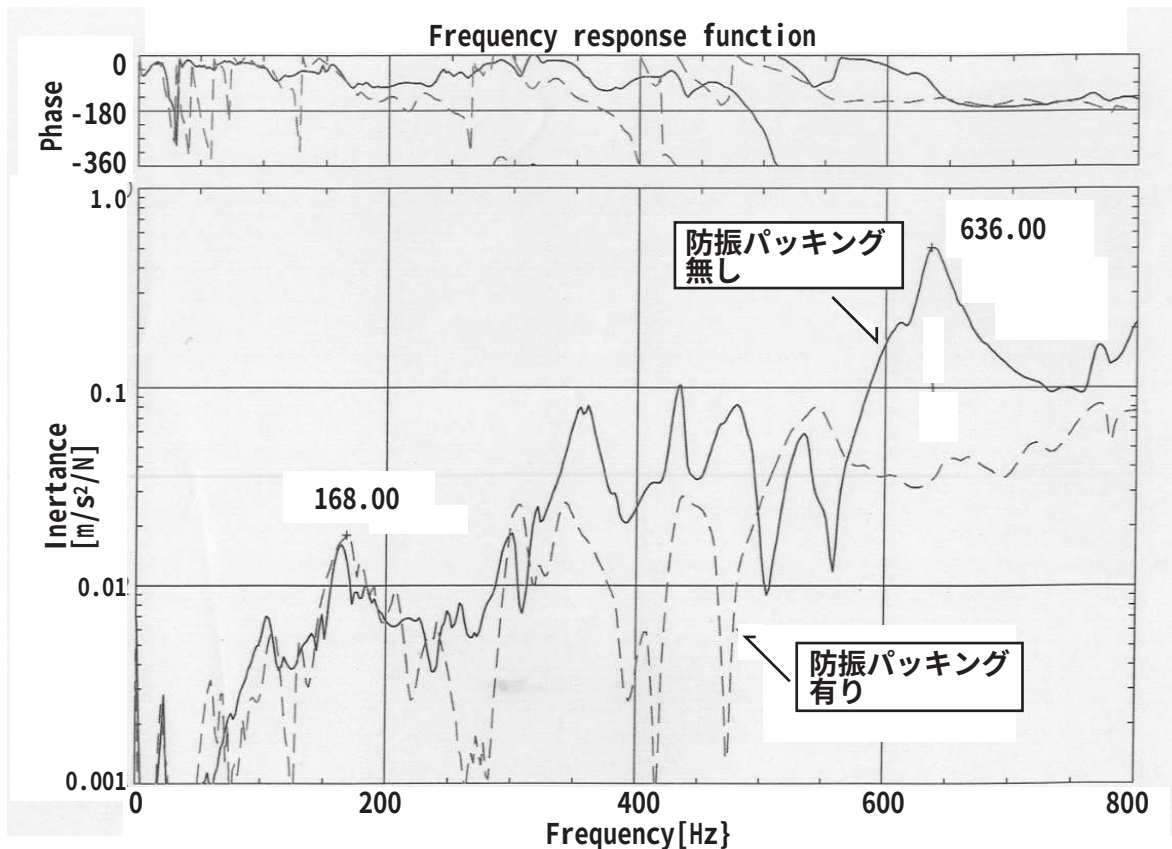


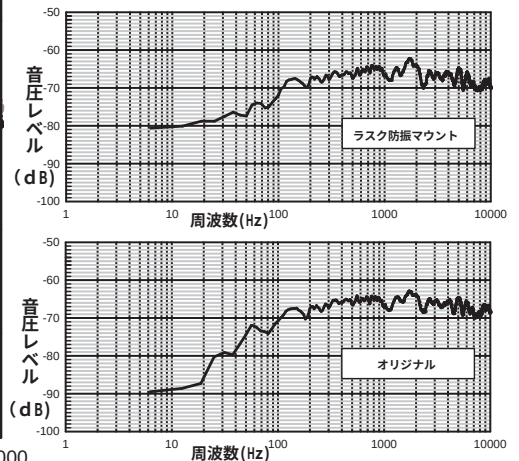
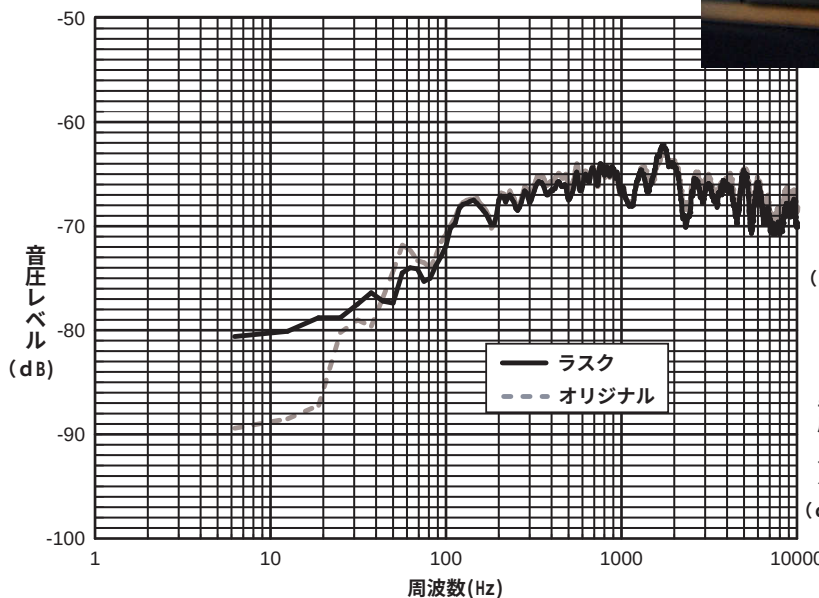
図3 防振パッキングと従来のゴムパッキングの比較

防振マウント

スピーカーは、電気信号によりボイスコイルに駆動振動が発生しコーン紙を動かし音として空間に発せられる。そのときにコーン紙の振動の反作用がスピーカーユニットフレームに加わりスピーカーボックスのバッフル面を振動させてしまう。そのボックスバッフル面の振動とコーン紙の振動が合成されるため本来の電気信号通りの音として空間に発せられない。そこでラスクの防振マウントをスピーカーユニットとスピーカーボックスとの間にセットししっかり締め付けることにより反作用の振動応力をラスクにより吸収する。そうすると下記グラフのように低域成分が上昇しスピーカーの特性がフラットに近づく様になり中高域がクリアーに聞こえボイスレベルも安定する。このような傾向をグラフは示しています。

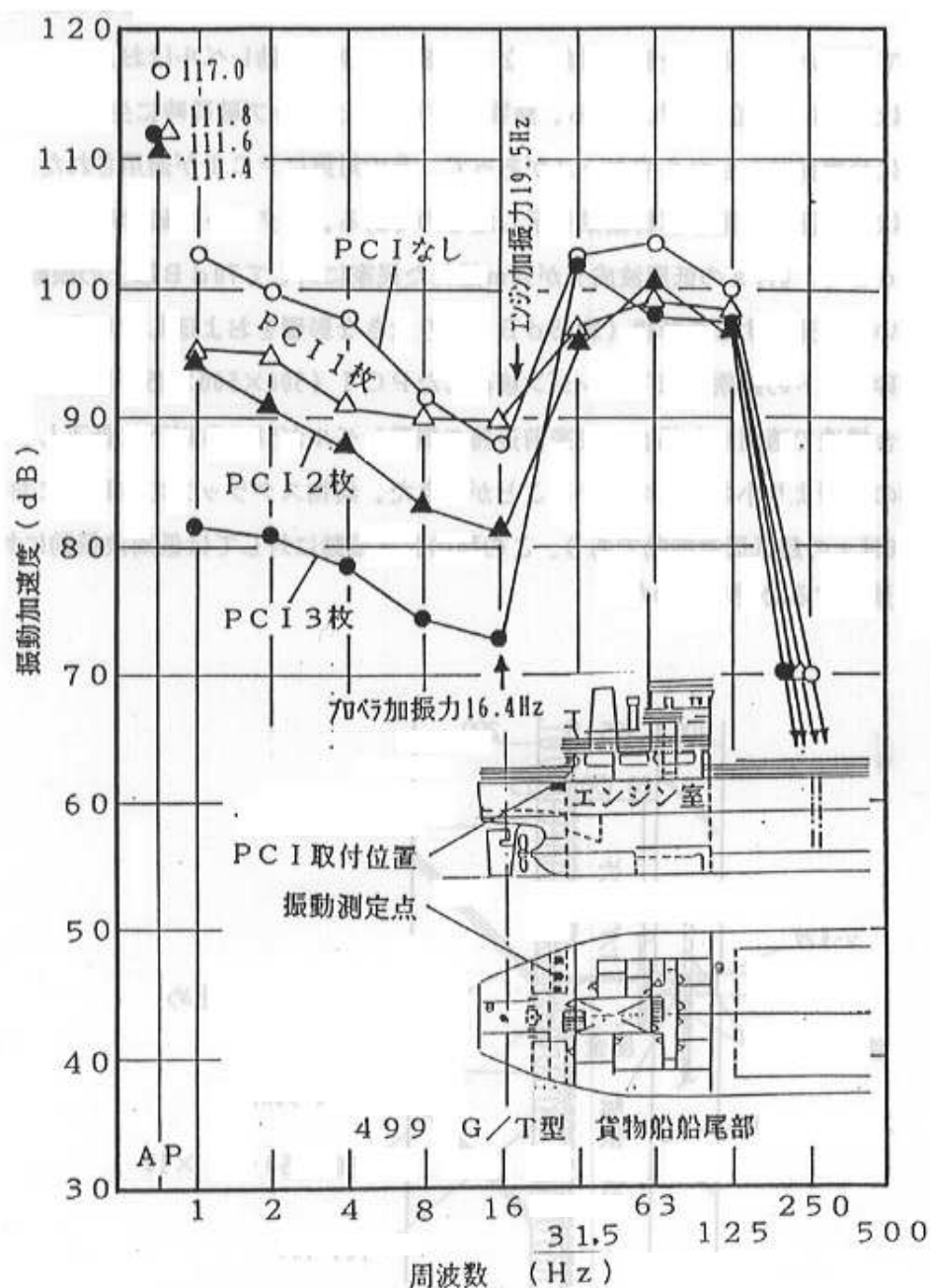


UREI Model 811B 周波数特性



船尾甲板における振動測定

499G/T型貨物船のエンジン系ならびにプロペラ系が船体に及ぼす振動状況を解析する一方、制振対策実験として船尾甲板背面ヘラスク板が取り付けられた。下図に示すごとく、エンジンおよびプロペラの加振はそれぞれ19.5Hzと16.4Hzであるが、船尾甲板への固体伝搬によって影響をおよぼすのは1~10Hzおよび50~100Hzの低周波域であることがわかる。ラスクの取り付け面積は船尾甲板面積に対して数%程度にすぎないが、ラスクの面積が増大するに従って超低周波成分の制振効果が著しく、加速度レベルで約20dBの低減が得られた。



熱特性

断熱特性

ラスクの熱伝導率は、素材の鋳鉄の約200分の1になります。このことは断熱効果が200倍ということになり、その性能は、石綿、紙とほぼ同じです。

材料の種類		熱伝導率
		熱伝導率(kcal/mh°C)
鋳鉄ラスク		0.19
鋳鉄		45.0
紙		0.18
石綿		0.13
コンクリート		0.7~1.2
木材		0.09

断熱特性を利用した断熱パネルとして次の応用例が考えられます。

- 機械室と事務室との間の断熱仕切り
- 車両、船舶における断熱(防音、防振)用外板
- 組み立て式冷凍、冷蔵倉庫及び恒温質の断熱用外板

太陽エネルギー吸収特性 (表面輻射放射率)

ラスクの太陽エネルギー吸収特性は、素材の鋳鉄の約1.2倍あり、暗黒塗装面とほぼ同じ特性を有しています。

表面輻射放射率(ε)	
材料の種類	表面輻射放射率(ε)
鋳鉄ラスク	0.91
暗黒塗装面	0.95
鋳鉄(黒皮)	0.7~0.8(平均0.75)

ラスクは表の通り、太陽輻射熱吸収率が91%以上あり、また金属の一体構造物で耐熱性にも優れていることから、「ソーラーシステム」などの分野に利用できます。

