

地下防振工事——防振セパレータの開発と実用化

◆改良防振セパレータユニットの概要

一般に、確実に防振性能を発揮する「地中防振壁」(図1)では、「防振ゴムを貫通する建物躯体と連続地中壁(SMW)に固定されるSound Bridge(音の橋)を形成しないこと」が必要条件であり、セパレータ等を一切使用しないことが理想となる。しかしながら、セパレータを使用せずに地下外壁面の躯体を施工する場合、返し壁を独立して組み立てる必要があり、コンクリート側圧に耐えられる反力フレームを設置することや、その作業スペースを確保することは、工期・工費の面から施工上効率的とはいえない。

このようなことから、設備配管支持に使用される防振吊り金具に改良を加え、「防振セパレータ」として実施物件への適用を図った(参考文献)、防振性能として所期の性能を確保することは出来たものの、その止水能力の信頼性や施工性については、さらに改良を加える必要があった。このため開発したのが、今回の改良防振セパレータユニットである(図2)。

本セパレータユニットでは、連続地中壁からセパレータ接続ボルト(①)に伝わった振動は防振ゴム(②)によって吸収される。セパレータボックス(③)に接続されたセパレータ本体

(④)は、接続ボルト(①)に直接接触していないため、山止め壁の振動がセパレータを介して地下躯体に伝搬しない構造となっている。

◆セパレータユニットの性能確認試験

今回開発した防振セパレータユニットには、以下の性能が要求される。

- ①設計張力(コンクリート打設時側圧)に対して十分な剛性と耐力を有していること
- ②セパレータを用いずに施工した躯体と比べて遜色ない防振性能を有していること
- ③ボックス部は十分な止水性を有し、

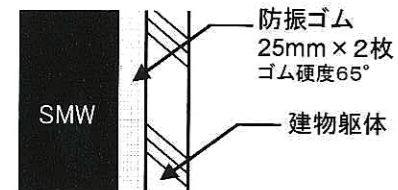


図1 地中防振壁の概念

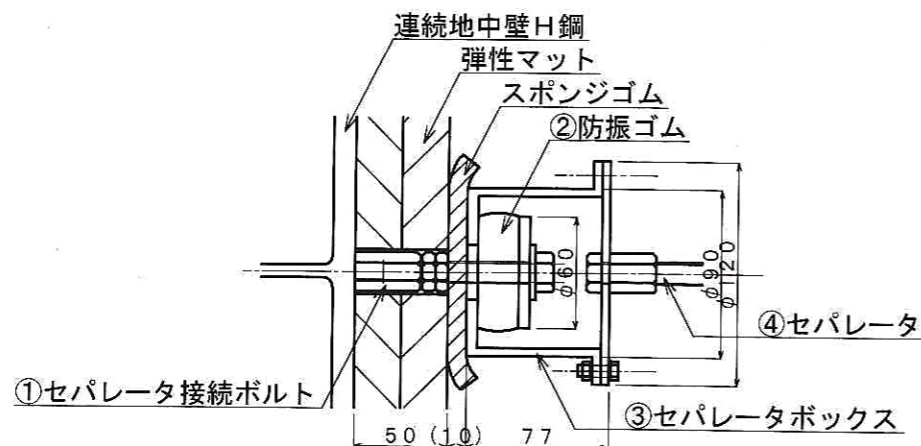


図2 改良防振セパレータユニットの構造

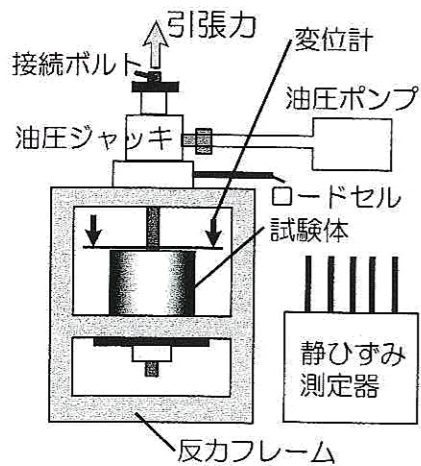


図3 引張試験概要

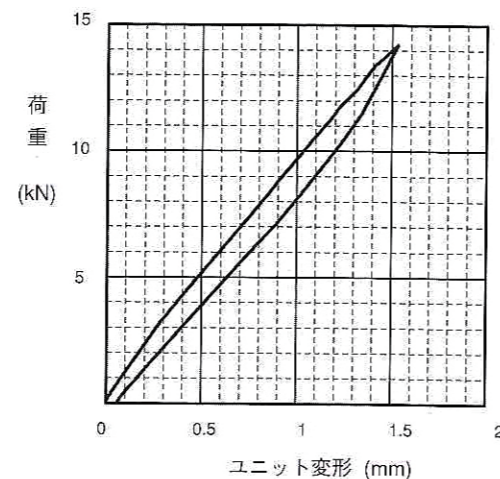


図4 引張試験結果

コンクリートノロの侵入がないこと
④普通セパレータと同等程度の施工性を有していること

上記性能を満足しているかを確認するため、以下の試験を実施した。

- (1) 防振セパレータボックス部の引張試験
 - (2) 防振ゴムの圧縮試験
 - (3) 防振セパレータユニットの水密性試験
 - (4) 防振効果確認試験
- 以下、試験結果について報告する。

1 セパレータボックス部の引張試験

図3に示す方法でセパレータユニットのボックス部分の単純引張試験を行った。試験結果を図4に示す。同図より、コンクリート打設時の側圧より計

算されるセパレータに作用する引張力(12kN/本)が作用した状態におけるボックスの変形は1.2mm程度であり、本ボックス部はセパレータユニットを構成する一部材として、十分な剛性と耐力を有していることを確認した。

2 防振ゴムの圧縮試験

本ユニットに使用する防振ゴムの圧縮試験状況を写真1に、試験結果を図5に示す。同図より、その使用域(セパレータに引張力が作用したときにユニット背面よりコンクリートノロが侵入しないように、防振ゴムを4~5mm圧縮した状態で使用する)における圧縮剛性は約3.3kN/mmであり、前述のセパレータボックス部の引張試験結果とあわせると、コンクリート打設時のセパレータの伸びは約5mm程度に

なると考えられる。これにより、本セパレータユニットを地下外壁に使用しても十分な精度での施工が行えると判断した。

3 防振セパレータユニットの水密性試験

セパレータユニットに所定の引張力(12kN)を与えた状態で、コンクリート打設時の圧力に相当する高さ約6mの水に満たされた塩ビパイプに水没させ、水密性の確認を実施した。

水中に15分間放置した後もユニット内に水の浸入はなく、本セパレータユニットが十分な水密性を有していることを確認した。また、後述する防振効果確認試験体を試験終了後に切断し、ユニット内部へのコンクリートノロ等の侵入がないことを確認した。切断状

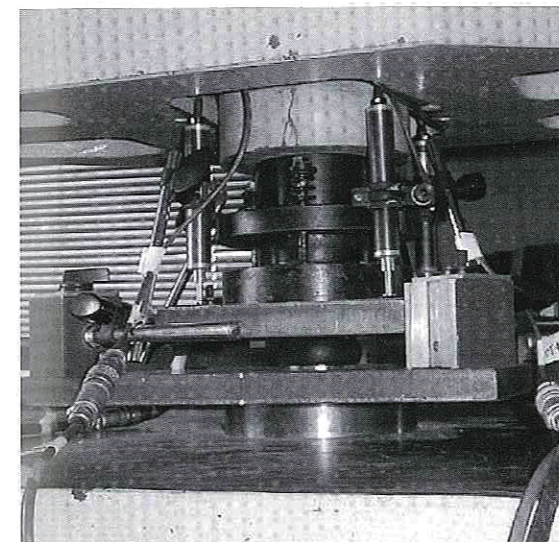


写真1 圧縮試験状況

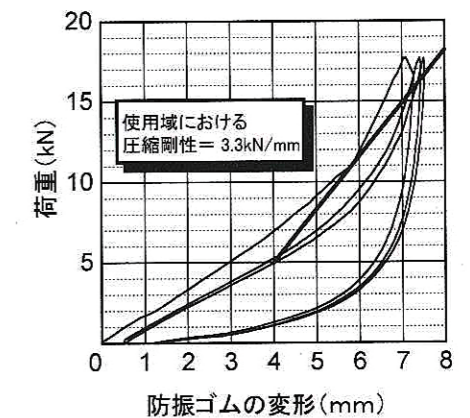


図5 圧縮試験結果

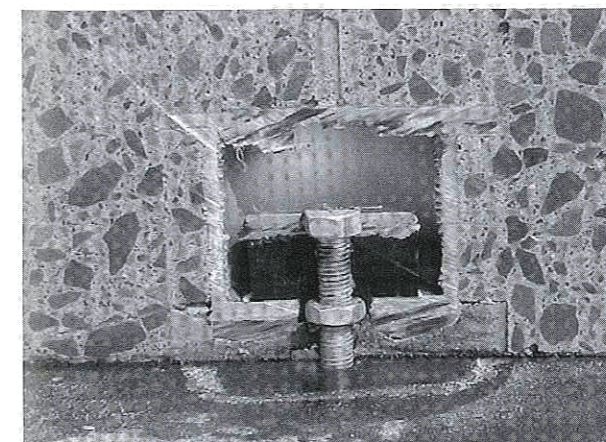


写真2 切断状況

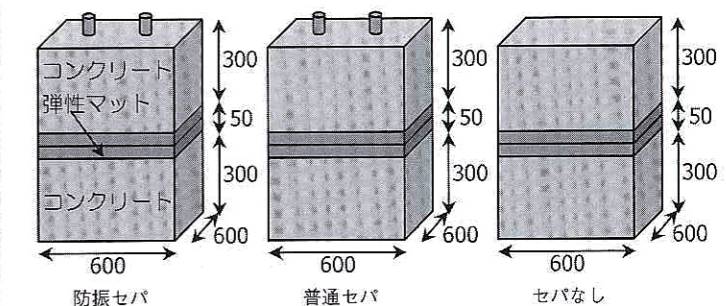


図6 防振性能確認試験体

況を写真2に示す。

4 防振効果確認試験

本ユニットの防振性能を確認するため、図6に示すコンクリートブロックによる試験体を作製した。試験体は、600×600×650mmの直方体3体で、最初にセパレータ接続ボルトを埋め込んだ状態で下部コンクリートを打設し、弾性マット(t=50mm)を敷設後、セパレータを取り付けて上部コンクリートを打設した。この際、防振セパレータについては、コンクリート側圧によって発生する引張力(12kN/本)を

強制的に与えた状態で上部コンクリートを打設した。写真3に防振セパレータのセット状況を示す。

振動試験は、インパルスハンマー(PCB 086B20)による衝撃波試験とし、加振側・受振側双方のコンクリートブロックに加速度ピックアップ(RION PV-85 VM-80)を取り付けて、計測加速度を1/3オクターブバンド分析することによって評価した。なお、試験時には実施工で作用している土圧を想定し、約1tの鉄塊を加振側コンクリートブロック上に置くことによって、

34kN/m²の面圧を弾性マット面に作用させた。試験概要を図7に示す。

ハンマー加振力に対する受信側応答加速度レベルの低減効果(加振側加速度レベル-受信側加速度レベル)を図8に示す。本試験では、試験体の支持条件等が試験結果に影響を与えていると考えられ、この試験結果がそのままセパレータユニットの防振性能とすることは出来ない。しかしながら「比較性能試験」として評価した場合、普通セパレータを使用した試験体では加振側の振動がほぼそのまま受信側に伝わ

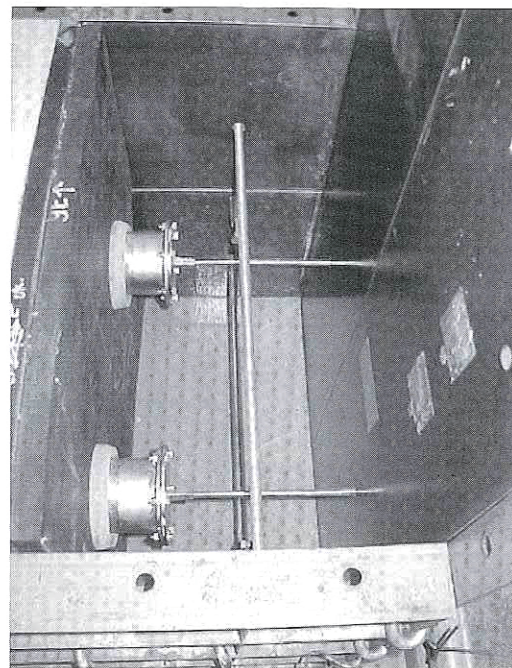


写真3 防振セパレータのセット状況

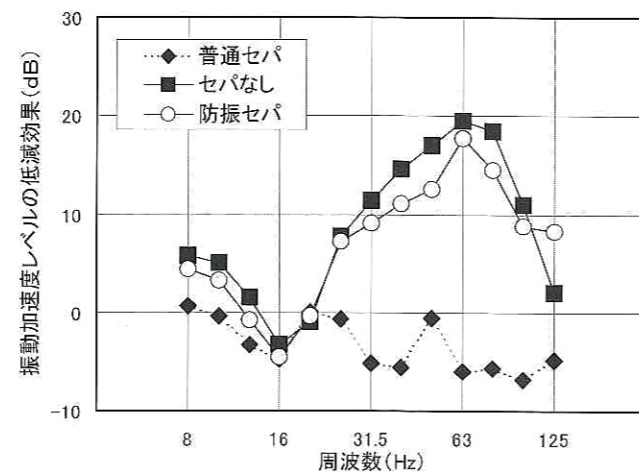


図8 衝撃試験による振動加速度の低減効果

表1 建物概要

主要用途	多目的ホール、会議室、郵便局、レストラン
規模構造	鉄骨鉄筋コンクリート造、地下1階地上6階
建築面積	2,412.53m ²
延床面積	11,534.75m ²

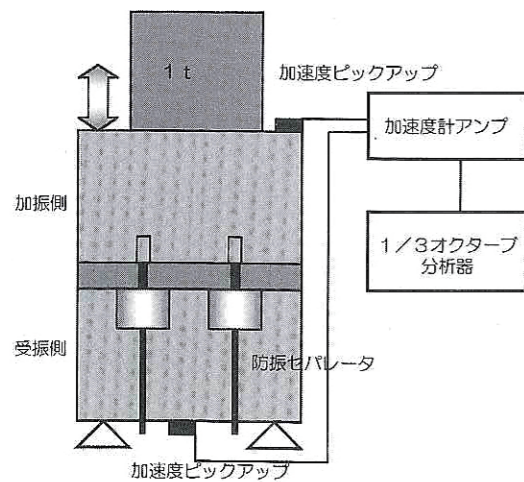


図7 防振効果試験概要

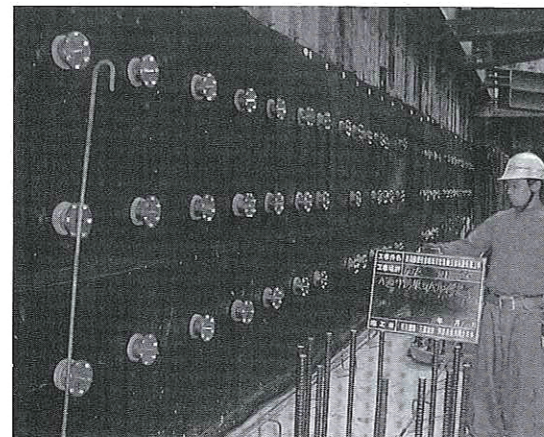


写真4 防振セパレータの施工状況

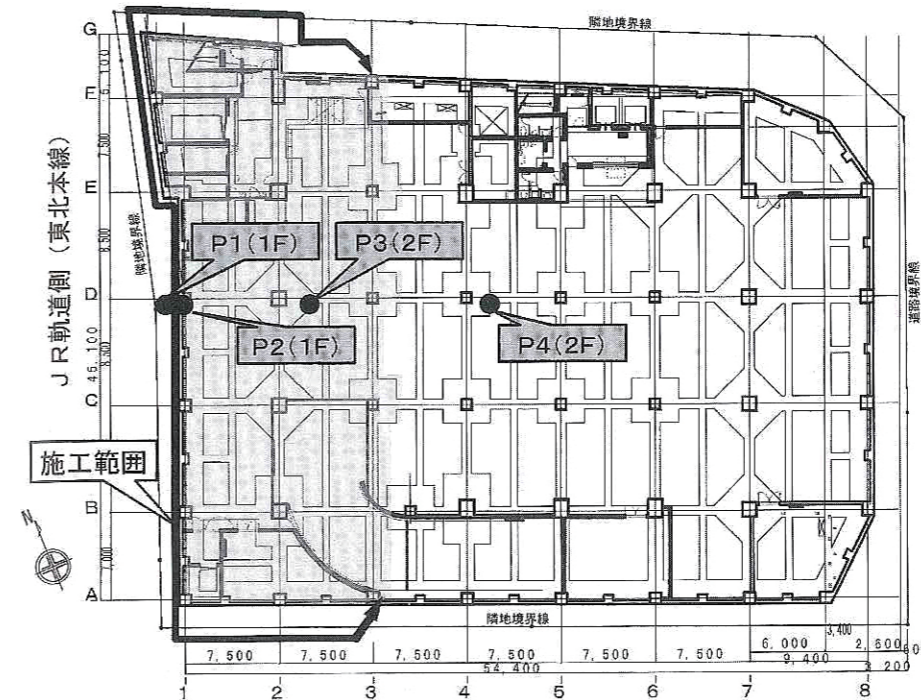


図9 防振セパレータ施工範囲と測定点(地下1階(基礎)平面図)

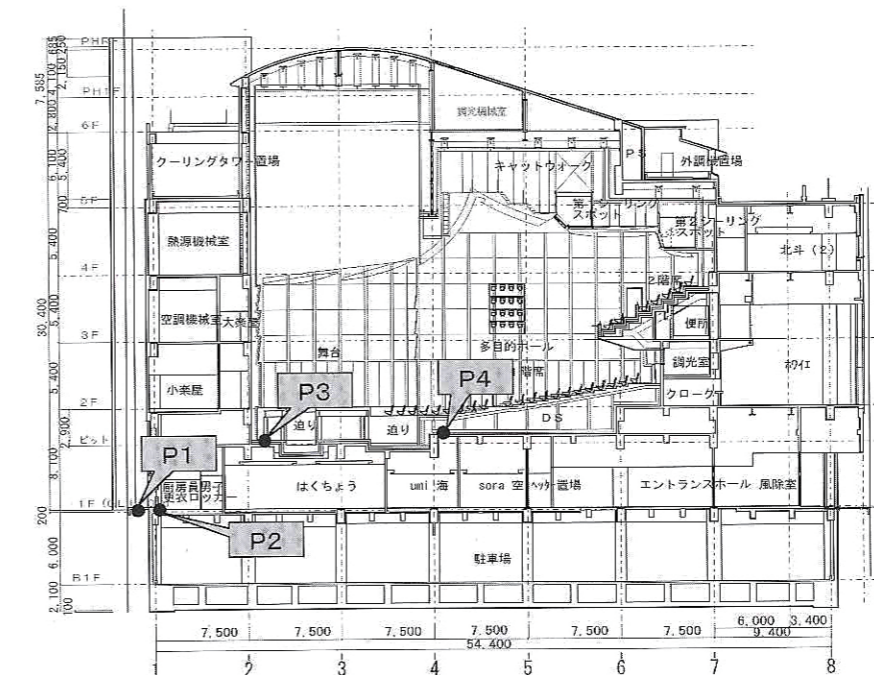


図10 建物断面図と測定点

っているのに対し、防振セパレータを使用した試験体では、その伝達関数がセパレータなしの試験体と同様の性能を示している。以上により、本防振セパレータユニットは十分な防振性能を有すると評価できる。

◆防振セパレータの施工

本防振セパレータを使用した建築物の概要を表1に示す。本建物はJ R軌道に隣接した公共多目的ホールであり、その計画時から列車通過に伴う固体伝搬音のホール内音響特性に及ぼす影響が懸念され、地中防振壁をはじめとした種々の防振・遮音対策が検討・実施された。

本防振セパレータの施工状況を写真4に示す。

施工範囲は、図9に示す①~③通り(J R軌道側)の全外周壁(コ字型、地中梁を含む)で、その施工面積は743.3m²である。使用した防振セパレータの本数は1,998本である。セパレータユニットの設置にあたっては、その締め付け量を先の防振ゴム圧縮試験結果(2 防振ゴムの圧縮試験)により決定した。

コンクリート打設時に、型枠はらみ量はほとんどなく所定の精度で躯体施工を行うことができた。また、同施工範囲のスラブ下には防振ゴム(厚さ25mm×2=50mm)を敷き詰めて(総面積=678.3m²)、杭頭以外のすべての部分で躯体が外部地盤から絶縁された状態とした。

◆防振効果の確認

本建物の地上4階躯体工事が完了した時点で、実際の防振効果を確認するために鉄道振動の計測を行った(東京測振(株)製振動計SPC-35Fを使用)。振動測定位置を図9、図10に示す。図中、P1は地中防振壁の外側(J R軌道側)の捨てコン上であり、P2は1階梁躯体上である。測定はJ R通過列車計10本を対象に行い、測定結果ごとに1/3オクターブバンド分析を行った。

各1/3オクターブバンドにおける最大値を図11に、地中防振壁をはさんだP1、P2について、その差を振動低減効果として図12に示す。また、参考文献における舗装前の振動低減効果を参考として図13に示す。

振動加速度低減の要因としては、地中防振壁のほかスラブ下面防振ゴムの効果や躯体の距離減衰等が含まれているが、全周波数帯域において平均で15～25dBの振動低減効果が得られていることが確認できた。

◆まとめ

地下外壁型枠用の防振セパレータユニットを開発し適用した。本セパレータユニットを使用することによって、施工性を損なうことなく、鉄道振動に対する「伝搬経路における防振対策」としての地中防振壁を構築することができた。

なお、最終的なホールの音響性能は、地中防振壁のみならず、ホールの防振遮音構造等の総合的な対策によって決まるものである。

本防振セパレータユニットは、今後、コンサートホール等の文化施設の他、都市部の地下鉄等に隣接する建物の防振（遮音）対策として、幅広い範囲での適用が可能と考えられる。

参考文献

南一誠、石渡智秋、稲留康一
「鉄道に隣接した複合文化施設における地中防振壁による固体音対策事例」
日本建築学会技術報告集第14号、pp.247-250, 2001. 12

南一誠（郵政事業庁施設情報部）
鈴木亨（住友建設(株)技術研究所）

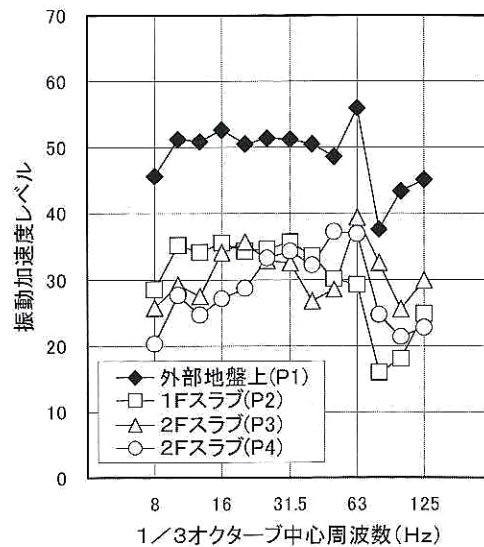


図11 振動測定結果

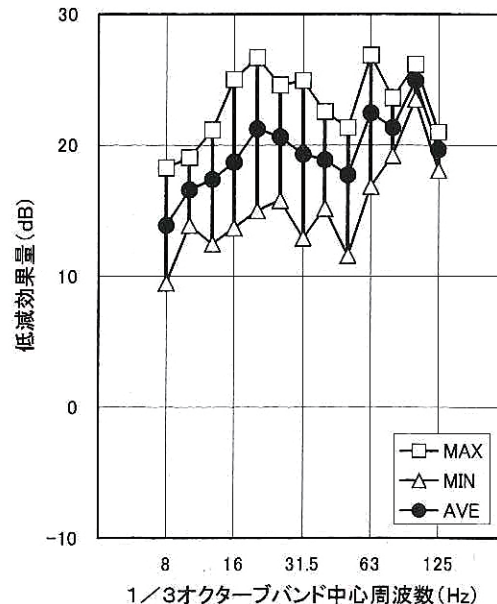


図12 振動低減効果

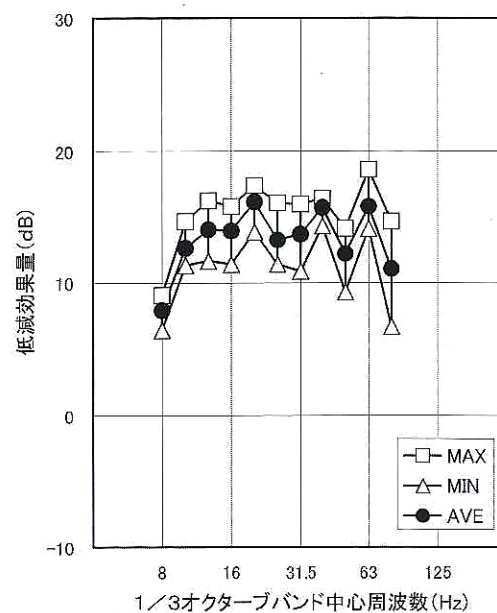


図13 参考文献における振動低減効果