

U.D.C 691.328.4

エレベータ巻上機の固体伝搬音対策事例

貝瀬 智昭* 井上 諭*

要 約： エレベータシャフトに隣接する居室ではエレベータ巻上機の防振処置が不十分である場合、エレベータ稼働音が問題となることがある。本稿に示す建物はエレベータ用巻上機を振動源とする固体伝搬音が問題となり、エレベータシャフト内（発生源側）と居室内装面の改修を要した事例である。筆者は発生した固体伝搬音の原因探査とその対策の低減効果を検証するためにエレベータ稼働時におけるシャフト内、および、シャフトに隣接する居室内装面の振動特性を調査した。その結果、以下に示す知見が得られた。

- (1) 本ケースではエレベータ巻上機から機器架台を介して建物躯体に至る系において 200Hz 帯域の振動が減衰しにくい特性にあることがわかった。
- (2) 発生源側の防振対策を講じることによりシャフト内、および、居室内装面の振動を低減した。結果として、隣接居室で確認される固体伝搬音も低減させることができた。
- (3) 居室内装面による改修において面密度を3倍程度大きくした内装壁の増貼り工法は、10dB程度の振動低減効果が得られる。ただし、全内装面において振動低減効果の高い対策を講じない限り室内音圧を十分に低減させることはできない。

キーワード： 固体伝搬音、エレベータ、巻上機、騒音レベル、音圧レベル、振動加速度レベル、防振、制振

- 目 次：**
- | | |
|-----------------|------------|
| 1. はじめに | 5. 防振対策の効果 |
| 2. エレベータ概要 | 6. まとめ |
| 3. 固体伝搬音と振動の特性 | |
| 4. 固体伝搬音の低減対策方法 | |

1. はじめに

近年、集合住宅に設置されるエレベータ（以後、EVとする）は機器の改善が重ねられ、静穏化の傾向にある¹⁾。しかしながら、EVシャフトに隣接する居室ではEV用巻上機の防振処置が不十分である場合、EV稼働音が問題となることがある²⁾。

本稿に示す建物はその問題が発生した典型的なケースである。本建物は図1に示すようにEVシャフトに居室が隣接した配置計画となっており、EV稼働時に居室内において「ドン」という固体伝搬音（以後、固体音）が確認された。EV稼働時の室内騒音は容易に認知できるものであったため、居室内の内装（建築側）とEVシャフト内（発生源側）双方の対策が求められた。

そこで、発生した固体音の原因探査と固体音対策の低減効果を検証することを目的とし、EV稼働時におけるEVシャフト内、および、内装面の振動特性を調査した。さらに防振対策前後の振動特性を比較することによって防振効果について考察した。

2. エレベータ概要

本建物に設置されたEVの仕様を表1に示す。EVは機械室を持たず、写真1に示すように巻上機がEVシ

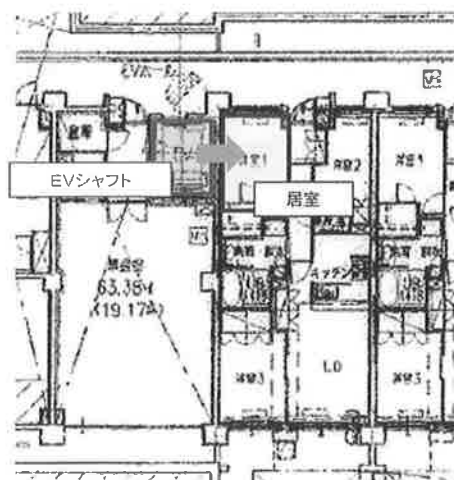


図1 EVシャフト平面図

表1 エレベータ概要

積載荷重	1200kg (18人乗り)
速度	60m/min
かごの重量	1500kg
巻上機の重量	935kg
防振ゴムのばね定数	25510kg/cm

*環境技術開発部

シャフト内の地下ピットに設置されている。積載荷重は1200kg、最大18人乗りであり、中規模の集合住宅用としては比較的大きい。防振対策としてマシンベースとピットベースとの間に4箇所、防振ゴムが取り付けられている。

問題発生後、現地にて機器の動作条件と騒音発生状況との関係を調査した結果、認識された騒音はEV停止時、あるいは、動作直後に発生することが明らかになった。よって、EVシャフト内に据え付けられた巻上機のブレーキ部が主たる振動発生源である可能性が高いと判断された。巻上機のブレーキ部は図2に示す構造であり、ブレーキディスクをライニングが挟むことでブレーキをかける仕組みとなっている。これより、ブレーキ作動時にディスクとライニング間に生じる衝撃が振動として躯体、内装面へと伝搬し、居室において固体音として放射されると推定された。

3. 固体伝搬音と振動の特性

3.1 調査方法

振動、騒音測定のプロックダイアグラムを図3に示す。

調査はシャフト内、および、内装面に伝搬する振動特性を把握し、居室に放射される固体音との関係を明らかにすることを目的とした。測定は図4、5に示す測定点に振動ピックアップを設置し、EV稼働時の振動加速度レベルを計測した。また、居室中央に騒音計を設置し、EV稼働時の室内騒音を計測した。測定時のEV稼働条件は、1Fから4Fまで各階に停止しながら昇降する動作で

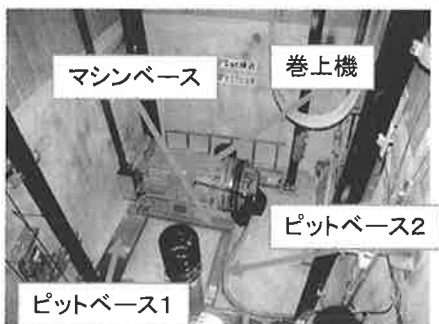


写真1 巻上機の据付状況

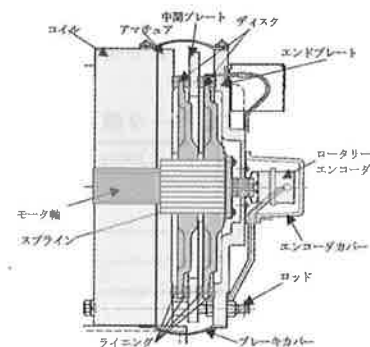


図2 巻上機ブレーキ部の断面図詳細

あり、その動作を2往復した。測定値は中心周波数63Hz~2000Hzの1/3オクターブバンド振動加速度レベル(時定数fast)、中心周波数63Hz~4000Hzオクターブバンド音圧レベル、および、騒音レベルそれぞれの最大値によって評価した。

3.2 調査結果

EV稼働時の居室内音圧レベル測定結果を図6に示す。また、各内装面の振動加速度レベル測定結果を図7に示す。

図6より居室における音圧レベルの周波数特性は

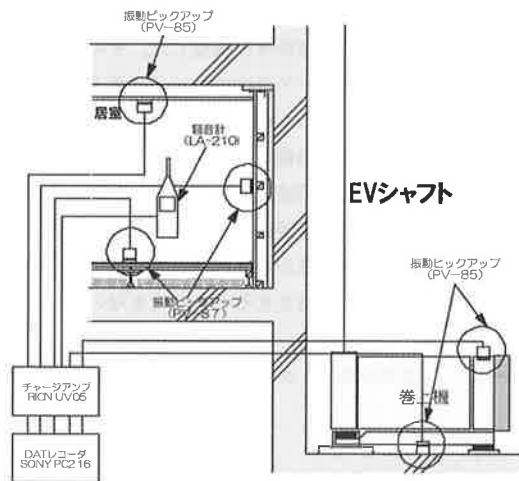


図3 測定ブロックダイアグラム

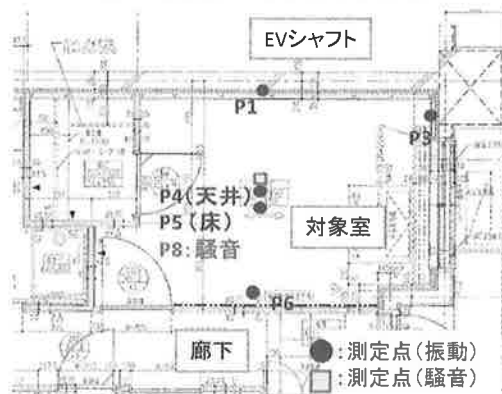


図4 居室内測定点

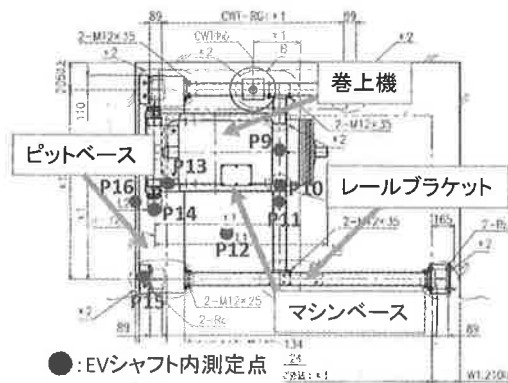


図5 EVシャフト内測定点

125Hz, 250Hz 帯域において卓越している。また、図 7 よりいずれの内装面についても振動加速度レベルは 200 Hz 帯域にピークを持つ周波数特性であり、音圧レベルの測定結果と似た傾向にあることがわかる。

次に、EV シャフト内の振動伝搬特性を把握するためマシンベースから躯体に伝搬するまでの振動減衰量を求めた。振動減衰量は対策前における EV シャフト内の測定点 P10 と P13 (図 5 参照) の測定値をエネルギー平均した値から測定点 P12 の測定値を差し引いた値によって評価した。振動減衰量の算出結果を図 8 に示す。

これより振動減衰量は 200Hz 帯域において大幅に低下している傾向が読み取れる。この特性は、発生源である巻上機からスラブへ振動が伝搬する間に防振ゴムによる防振特性やピットベース等の金属系架台が持つ振動モード特性が反映された結果と考えられる。

これら測定結果より本ケースではEVシャフト内において 200Hz 帯域の振動が減衰しにくいために、その帯域が卓越した固体音が居室内に伝搬しているものと考えられる。

なお、200Hz 帯域 (1/3 オクターブ) における振動加速度レベルに着目すると、図 7 より内装面に伝搬する振動加速度レベルは界壁①面において最も大きく、次いで間仕切壁①面が大きい結果であり、それぞれ 59dB, 58dB であった。また、天井と床面の振動加速度レベルはそれぞれ 52dB, 45dB 程度であり、内装壁面に比べ 7~14 dB 程度小さい。これは、天井の仕様が天井下地として施工する吊ボルトを必要としない内装下地工法を使用しているため、内装壁面に比べ躯体からの振動が伝搬しにくい条件にあることが原因と考えられる。また、床面については支持脚の防振ゴムや防振性能のある際根太や剛性の高い下地材を使用していることが放射音低減に寄与していると考えられる。

4. 固体音伝搬音の低減対策方法

4.1 発生源側の防振対策

発生源側の対策の概要を表 2 の対策 1,対策 2 に示す。また、発生源の対策状況を写真 2 に示す。発生源側の対策ではブレーキ動作時の衝撃力そのものの低減を図るために既存のライニングを取外し、緩衝材 (SUS メッシュ) 付のタイプに取り替えた。さらに、巻上機とレールプラケット間のピットベース上にゴムと総重量 290kg のおもりを取り付け、三層構造とした。これにより異種材料の組み合わせによる制振作用を期待し、ベース表面上の振動低減を図った。

4.2 建築側の防振対策

建築側の対策を講じた部位の位置を図 9 に示す。また、対策前後の内装壁、天井、床の各仕様を図 10, 11 に示す。建築側対策は内装材からの放射音の低減を図るために、既存の内装材を除去し、面密度の高いものに貼り替

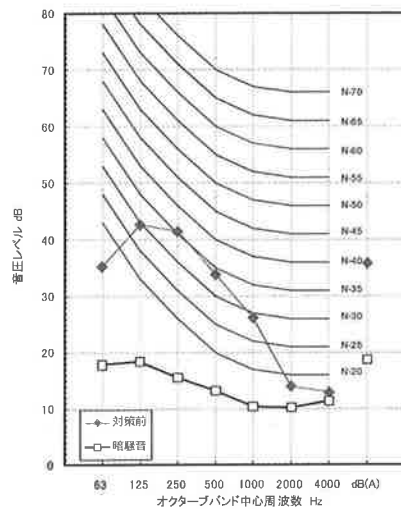


図 6 居室内の対策前の音圧レベル最大値

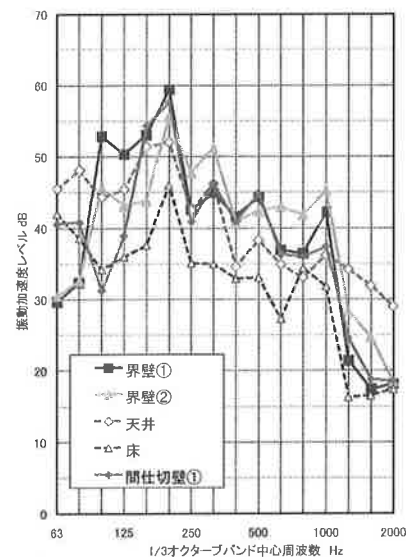


図 7 内装面の振動加速度レベル最大値

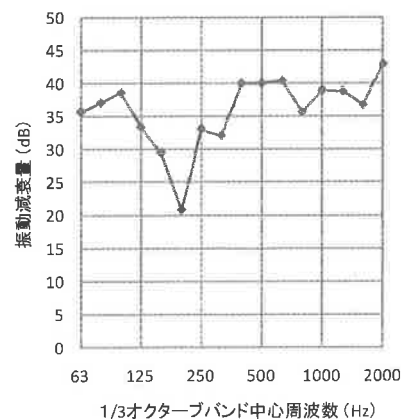


図 8 マシンベースから躯体に伝搬する間の振動減衰量

えるか、または、増貼りを行った。界壁①の内装材は既存の石膏ボード1枚を撤去し、硬質石膏ボード2枚貼りにした。界壁②、および、間仕切壁①、②、③の内装材は既存の石膏ボードを硬質石膏ボードに貼り替えた。この対策により対策前と比べ内装面の面密度が1.7~3.0倍程度に増加した。また、躯体と内装壁間の空気層にはグラスウール t50 (32kg/m³) を充填し、遮音性能向上を図った。

なお、対策は建築側、発生源側の順に講じた。

5. 防振対策の効果

5.1 検証方法

前章に示した防振対策の効果を検証するために各対策後に対策前と同様の測定条件で振動、騒音を計測した。防振効果は対策前の測定値から対策後の測定値との差により評価した。

表2 EV側対策概要

対策	仕様	期待される効果
対策1 緩衝材付 ライニングの 交換	材質：SUS304-W1 (ステンレス鋼線 軟質1号 JIS G4309) 寸法：厚さ1mm/枚 (ステンレス鋼線の プレス成形品、メッシュ シート状のもの)	緩衝材によるブ レーキ部におけ る衝撃力の低減 効果
対策2 重量の付加 (おもり設置)	・おもり 材質：SS400 寸法 (mm)：①220×250×12 取付数：22枚 (5.18kg/枚) ②340×250×12 取付数：22枚 (8.01kg/枚) ・ゴム 材質：クロロプレンゴム 寸法 (mm)：235×98×6	異種材料による 質量負荷と制振 効果



写真2 EV側対策状況

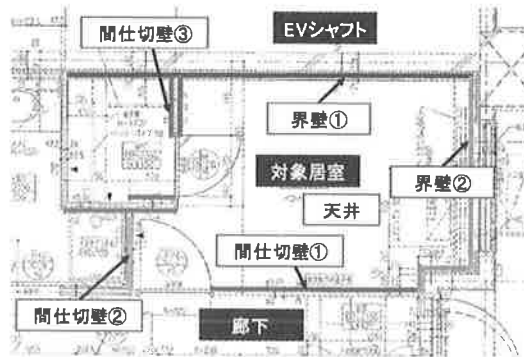


図9 建築側対策を講じた部位の位置

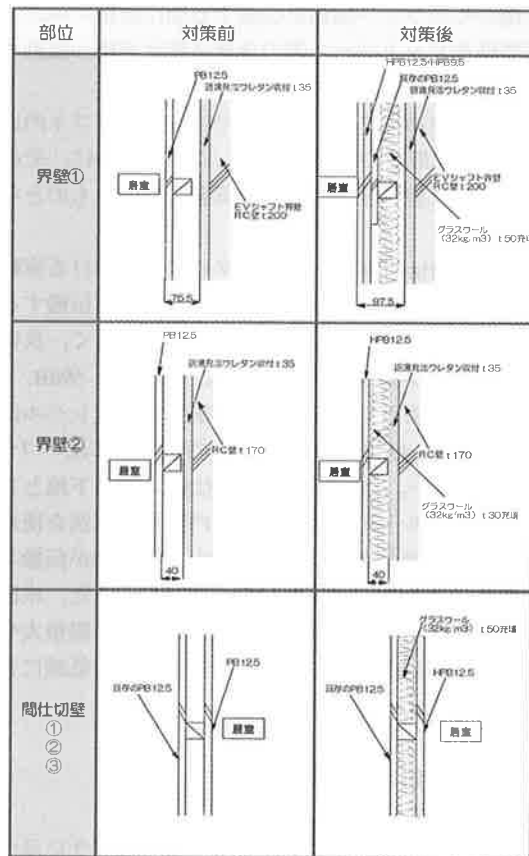


図10 内装壁の対策前後の仕様(界壁・間仕切壁)

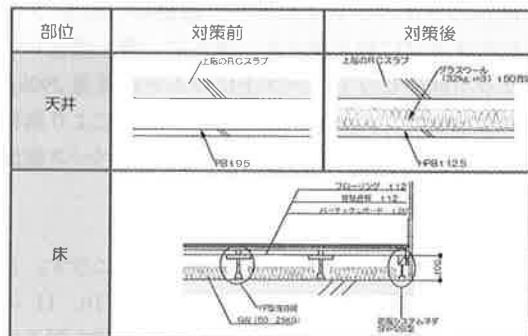


図11 天井・床対策前後の仕様

5.2 検証結果

200Hz 帯域に着目した発生源側（緩衝材設置+おもり設置）と建築側双方の対策における防振効果量を算出した結果を図 12 に示す。図 12 より発生源側の対策はそれぞれの内装面において全体的に 6~10dB 程度の防振効果が見られた。

また、建築側の対策の防振効果量を見ると増貼りした界壁①面は 10dB 程度であり、その他の硬質石膏ボードに貼り替えた内装面は 3~5dB 程度であった。さらに、床面の防振効果量を見ると対策を施していないにもかかわらず、3dB 程度の効果が見られた。これは床面に接する周囲の内装壁が改修されたことにより、内装壁に伝搬する振動が低減され、内装壁から床面に伝搬しにくくなったためと考えられる。

これらの結果から発生源側の対策はいずれの内装面でも建築側にくらべて振動低減効果が大きいことがわかった。

次に EV シャフト内における発生源側の対策の防振効果を検証することを目的とし、EV シャフトのスラブ上に設置した測定点 P12 における発生源側の対策前後レベル差から防振効果量を算出した。EV シャフト内における発生源側の対策の防振効果量を図 13 に示す。図 13 より発生源側の対策は 200Hz 帯域において 8dB 程度の低減効果が見られ、期待していた対策効果（表 2 参照）が得られた。

各対策前後の防音効果を検証するために音圧レベル最大値測定結果を図 14 に示す。図 14 より発生源側対策後の測定結果を見ると、対策前に比べ騒音レベルでは 5dB (A) 程度、250Hz 帯域では 7dB 程度と大きな騒音低減効果が見られた。また、建築側対策前後の測定結果では対策前と比較して騒音レベルは内装面の振動が低減したにもかかわらず、2dB 程度の差異しかみられず、250Hz 帯域においてはほとんど効果がない結果であった。これは間仕切壁①のような対策効果が小さい部位からの放射音が影響しているためと考えられる。

以上のことから発生源側の対策はシャフト内の振動を低減することができ、それに伴い躯体から全内装面に伝搬する振動を低減することができる。結果として居室内騒音を 5dB 程度、低減できることが明らかとなった。

また、建築側の対策はすべての内装面において、振動低減効果を得ることができ、特に面密度を 3 倍増加した内装壁は 10dB 程度の大きな振動低減効果が得られた。

しかし、全内装面を振動低減効果の高い対策を講じない限り、居室内における音圧レベルの低減は難しいことがわかった。

しかし、全内装面を振動低減効果の高い対策を講じない限り、居室内における音圧レベルの低減は難しいことがわかった。

6. まとめ

本稿では EV 稼働時におけるシャフト内、および、隣接居室の内装面の振動特性と固体音低減対策の効果について述べた。それらの結果から以下に示す (1) ~ (3)

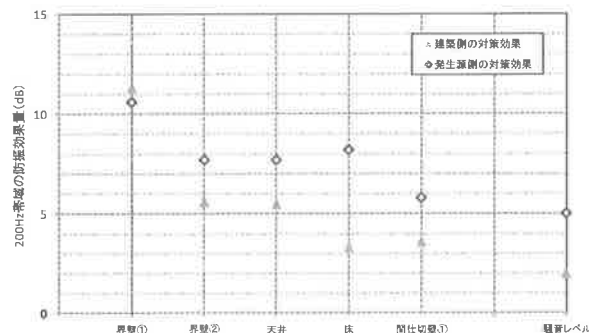


図 12 居室内装面の対策別防振効果量 (中心周波数 200Hz, 1/3 オクターブバンド)

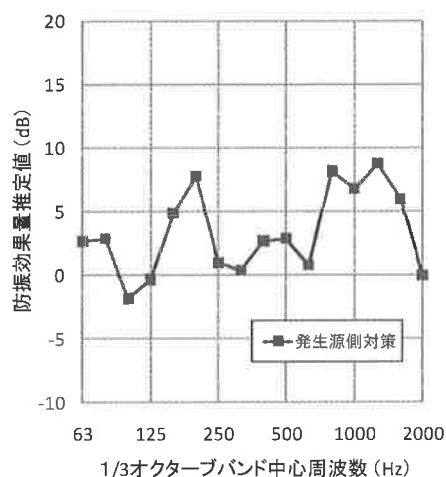


図 13 発生源側対策の防振効果量

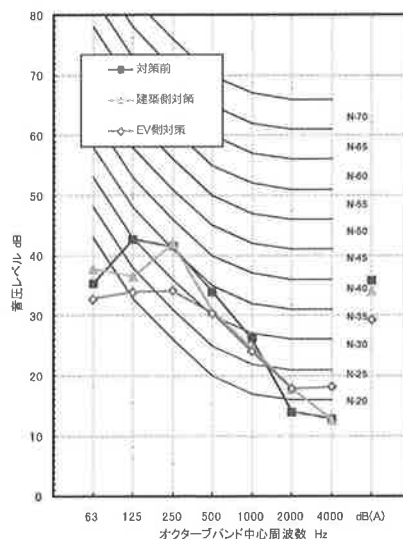


図 14 対策前後の音圧レベル最大値測定結果

注) 凡例の EV 側対策は、建築側対策と発生源側対策の両者を講じた後に、計測した結果である。

の知見が得られた。

(1) 本ケースではエレベータ巻上機から機器架台を介して建物躯体に至る系において 200Hz 帯域の振動が減衰しにくい特性にあることがわかった。

(2) 発生源側対策は、EV シャフトの躯体部や居室の内装材に伝搬する振動を低減する効果があり、結果として隣接居室において認知される固体音も低減させることができる。

(3) 内装壁や天井面を改修する建築側対策は仕上げの面密度を高めることにより 3dB 以上の振動低減効果が得られる。特に面密度を 3 倍程度増加させる増貼り工法を実施することにより 10dB 程度の振動低減効果を

得ることができる。

ただし、内装面のうち一面だけ振動低減効果の高い対策を講じても他の面からの放射音の影響により室内音圧を十分に低減させることは期待できない。

今後、本稿で検証することができなかった巻上機に設置された防振ゴムの防振性能やピットベース等の金属系架台における振動モード特性、おもりによる制振効果について解明していく予定である。

謝 辞

本調査を実施するにあたり、本建物工事作業所の関係者諸氏には多大なるご協力をいただいた。本稿結びにあたり深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 建物における騒音対策のための測定と評価， p.169， 技報堂出版， 2006 年 4 月
- 2) 藤沢 康仁， 機械室レス型エレベータの固体音対策・測定事例， 騒音制御， vol.29 No.3(2005)， pp190～193， 平成 17 年 6 月

AN EXAMPLE OF COUNTERMEASURES AGAINST THE STRUCTURE BORNE SOUND CAUSED BY ELEVATOR HOISTING MACHINES

T.Kaise and S.Inoue

When the vibration isolation of elevator hoisting machines is insufficient, the structure borne sound from elevator might become a problem in the room that is adjacent to the elevator shaft. The building shown in this paper is a case that the structure borne sound generated from elevator hoisting machine became a problem and take both countermeasure in elevator shaft and to repair interiors. To inquiry into the cause of structure borne sound generated from elevator hoisting machine and verify effect of decreasing structure borne sound, the authors investigated vibration characteristic in elevator shaft and the room that is adjacent to the elevator shaft when the elevator is operated. The finding was obtained from the results.

(1) This case was found to be characteristic which 200Hz, 1/3octave band vibration is not easy to attenuate in vibration propagation path throughout the elevator shaft structure through machine footing from the hoisting machine

(2) The vibration isolation method in elevator shaft has the effect of decreasing the vibration in elevator shaft and the room that is adjacent to the elevator shaft. As a result the structure borne sound radiated from each interiors can be decrease by countermeasures.

(3) The method of raising density that triples from the beginning of interior wall has the vibration reduction effect of about 10dB. However if highly improvement of the entire interiors is not implemented, sound pressure of the room that is adjacent to the elevator shaft can not be decrease.