

## 消音型エレベータフィーダの実用化の研究

### —自動整列供給装置の騒音対策〔第2報〕—

#### ＜簡易騒音防止装置の実用化研究＞

大阪支所 辻井 康裕, 楨野 俊文, 麻谷 光男

#### まえがき

公害および作業環境改善の一環として、プレス音源の簡易騒音防止装置の試作研究<sup>1)</sup>を行ったが、自動化プレスの周辺機器から発生する騒音が意外に大きいことがわかったので、現状調査を行うとともに、制振効果による二次発生騒音の減少を図るための研究を進めた。

前年度はダンピングシート（制振材料）を振動論的な見地から、大阪府立大学工学部橋本研究室に損失係数の測定を依頼し、当大阪支所で制振対策の施行前後の音圧レベルの差からテストピースでの減音効果を測定し、材料特性の解析を行った。

本年度は、前年度の調査研究に基づき、ホップおよび落下ガイド部を取換え方式とした自動整列供給装置＜エレベータフィーダ＞の試作を行い、制振対策の施行後の減音効果について説明を行うとともに、自動化プレスにおける防音対策例を示した。

#### 1 試作装置および実験方法

##### 1.1 試作装置

試作した自動整列供給装置は、図1および写真1、2に示すようにエレベータフィーダの改良型で、装置前部下部のホップに貯わえられた供試材をトップチェーンで整列を行いつつ、上部のガイドレールを通して材料供給口へ移送を行う装置である。供給过剩になった供試材は、ガイドレールから落下ガイドに衝突しながら、あるいはもどり口を通して下部ホップにもどる。トップチェーンの送り速度は制御ボックス中の無段変速機で2.5～5.4m/minまで任意に設定できる。

##### 1.2 実験用ホップ、落下ガイド

試作装置のホップおよび落下ガイドは、前年度の研究

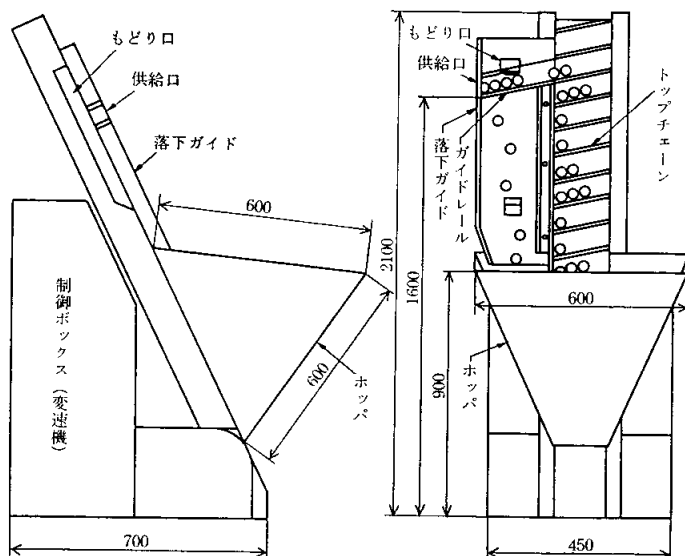


図1 試作装置概略図

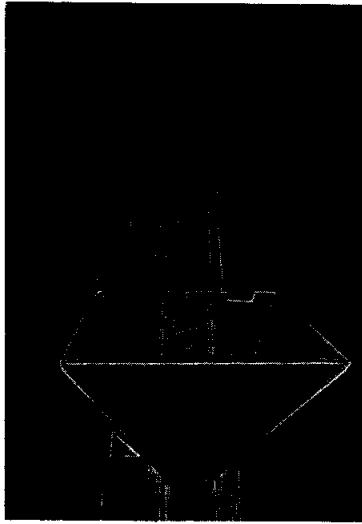


写真1 試作装置（正面）

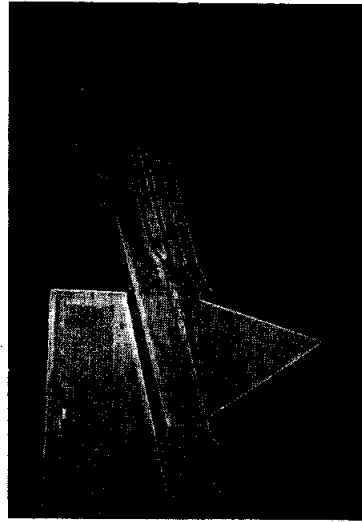


写真2 試作装置（側面）

成果をもとにして、サンドイッチ鋼板と鋼板製のものを試作し、鋼板製のものには2種のダンピングシート（制振材）を付加した。ダンピングシートの接着位置は、供試材の打撃面の裏面とした（接着方式）。

なお、ダンピング方式とは異なるが、従来から行われている方法で、打撃面に厚さが3mmの合成ゴムをビス止めし、減音を行う方法（以後、打撃面ゴム方式と呼ぶ）についても実験を行った。

ダンピングシートの諸元を表1に示す。

表1 ダンピングシート諸元

材 質	板厚 (mm)	重量 (kg)	減音効果 (dB)		損失 係数	単価 (円/ m <sup>2</sup> )
			52年度 実用機 データ	—		
1 鋼 板	2.0	3.9	—	—	0.0120	
2 鋼板（打撃面 ゴム方式）	3.0+2.0	13.8	5	—		
3 ゴム系制振 材	2.0+2.0	12.6	10	12	0.0400	975
4 鉛 板	0.5+2.0	13.1	14	15	0.0374	9,200
5 サンドイッ チ鋼板	2.3	4.0	17	23	0.3567	5,000

ダンピングシートの取付方法を図2に示す。

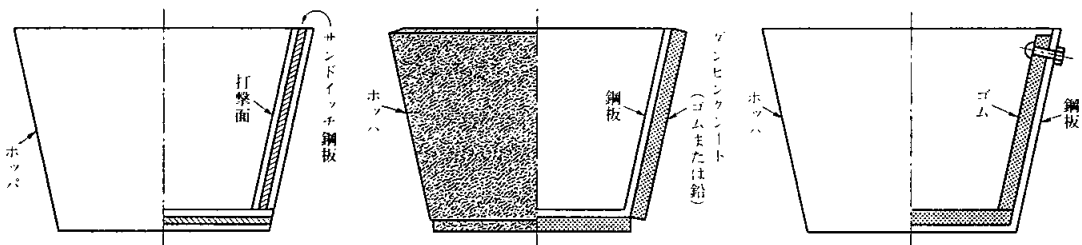
### 1.3 供 試 材

実験に使用した供試材は、冷間鍛造機でアプセット加工を行った円柱形の軟鋼材（NCH10）で、直径φ34mm×厚さ11.5mm（重量70g）およびφ37mm×10.0mm（85g）の2種類である。

### 1.4 騒音発生源

自動整列供給装置は、トップチェーンで整列を終えた供試材を次工程で供給不足を生じないよう若干の供給過剰の状態ですりガイドレールに移送を行う。それゆえ、供給過剰の供試材は、ガイドレールから落下ガイドに衝突しながら下部ホッパにもどる過程で大きな騒音が発生する。

実験は、次工程への材料供給口を閉鎖し、供給過剰の供試材が下部ホッパにもどる過程を無限に繰り返すことにより発生する騒音を音源とした。



(a) サンドイッチ鋼板方式  
(制振型) No.5

(b) 接着方式  
(制振型) No.3, 4

(c) 打撃面ゴム方式  
(従来型) No.2

図2 ダンピングシートの取付方法

### 1.5 実験方法

実験は、当大阪支所の無響音室内で行い、無響音室中央にセットした試作装置の表面から、5 mm の至近距離にブリュエルケア社製 (B & K) 4170型ホーン型プローブマイクロホンを、また、1 m の位置に同社製4165型1/2インチコンデンサマイクロホンを置いた。マイクロホンに入力した音圧は、同社製2606型増幅器および2209型騒音計で増幅し、クデルスキ社製ナグラ 4-SD 型テープレコーダに録音した。

受音側の騒音計は3台使用し、すべてB & K社製4224型ピストンホンをを用いて校正した。

測定位置は、装置の前後、左右の中心軸上の4点とした。

測定高さは、1 m の位置のものは地上1.2 m であり、5 mm の位置のものは任意に移動した。

測定データの解析は、テープレコーダから増幅器で増幅し、B & K 社製 2305 型高速度レベルレコーダに記録を行い、JIS Z 8731騒音レベル測定方法より衝撃音のピーク値を50回法により処理を行い、中央値を表示した。

測定および解析のブロック線図を図3に示す。

### 1.6 実験条件

試作装置<エレベータフィーダ>の対策前後の騒音を測定するため、次の実験条件を設定した。

- (1) 整送速度：2.5m/min, 3.5m/min, 5.4m/min の3種とした。
- (2) ホッパ保有重量：8 kg, 30kg, 65kg の3種とした。

## 2 結果および考察

### 2.1 制振対策の効果

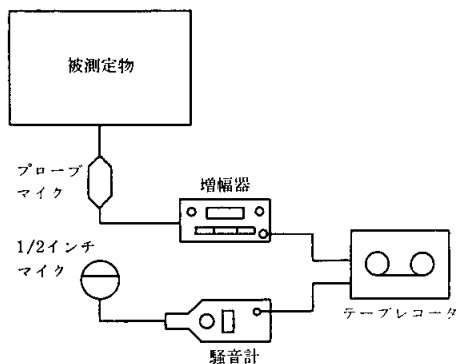
#### 2.1.1 減音効果

自動整列供給装置<エレベータフィーダ>に制振対策を行う前後の音圧レベルと減音効果を図4に示す。減音効果は、ダンピングシートごとに対策前後の音圧レベル差で表示した。その効果は、

サンドイッチ鋼板>鉛>ゴム系ダンピングシートの順で、音圧レベルは87デシベルとなり、対策前のものより17デシベル低下した。接着方式の鉛シートは14デシベル、ゴム系ダンピングシートは10デシベル、そして、打撃面ゴム方式は3~5デシベル低下した。

試作装置の対策後の減音効果と、前報で報告した制振材試験装置の材料データの減音効果と比較し、表1に示した。ただし前報の材料データは、50cm 角の板面より

(a) 実験



(b) 解析

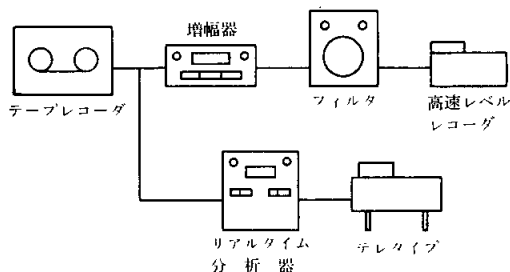


図3 測定・解析ブロック線図

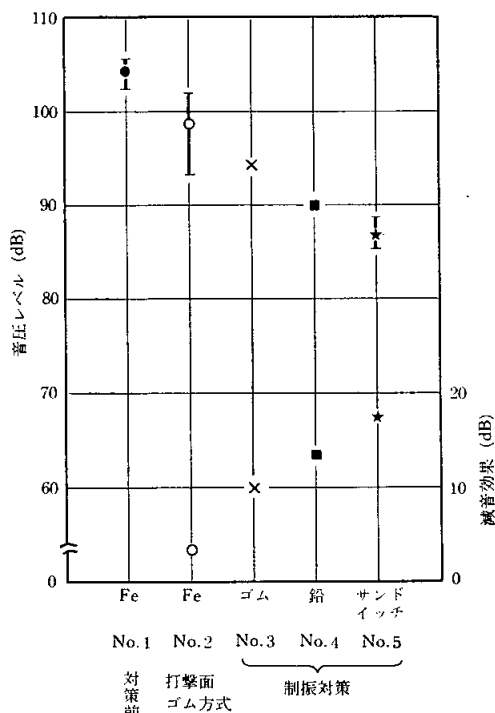


図4 試作装置の減音効果

5 mm の測定点であり、本年度の試作装置は 1 m の点で測定した実験結果である。材料データと試作装置の音圧レベル差は、サンドイッチ鋼板が 5 デシベル、接着方式の 2 種が 2 デシベルとよく一致した。サンドイッチ鋼板が他の方式に比べて差が生じたのは、テストピースのような単板の自由減衰とは異なり、構造物となった場合に減衰処理の方法が制振材のせん断変形に依存しているのが、周辺固定されることにより効果が減じるからである。

接着方式の材料間に差が生じたのは、制振材の主なる材料の曲げ剛性の差であると思われる。

本研究と並行して振動モードの変化が音圧レベルに及ぼす影響について大阪府立大学に研究を依頼した。その報告の中にも、サンドイッチ方式が減音、制振対策を行う上で接着方式より優れていると述べられている。

(別掲「騒音・振動の制御のための減衰処理とその効果に関する研究」を参照されたい。)

打撃面ゴム方式は、新しい制振対策と比較するために参考に実験を行ったものであるが、緩衝材のゴムの消耗が激しく、たびたび交換を必要とし、実用上の減音対策

としては適切でないことがわかった。

### 2.1.2 周波数分析結果

図 5 に試作装置の減音効果の周波数分析結果を示す。サンドイッチ鋼板製の制振対策は、中・高周波数はもちろん 250 ヘルツ以下の低周波数領域で減音効果が大い。

接着方式のゴム系ダンピングシートは、中・高周波数領域ではサンドイッチ鋼板製のものと同様に減音効果がある。しかし、低周波数で減音効果は小さく、No. 3 では騒音レベルが増大していた。これは、ダンピングシートを貼(ちょう)付することにより、共振点で質量効果が働き、より大きな共振を生じ、音圧レベルを上昇させたものとする。

同じ接着方式の鉛板の場合、サンドイッチ鋼板とゴム系ダンピングシートの間値を示し、低周波数領域でもわずかではあるが制振効果のあることを示している。

### 2.1.3 室内作業騒音の許容基準との対応

騒音の人体へ及ぼす影響は多くの研究者が発表をして

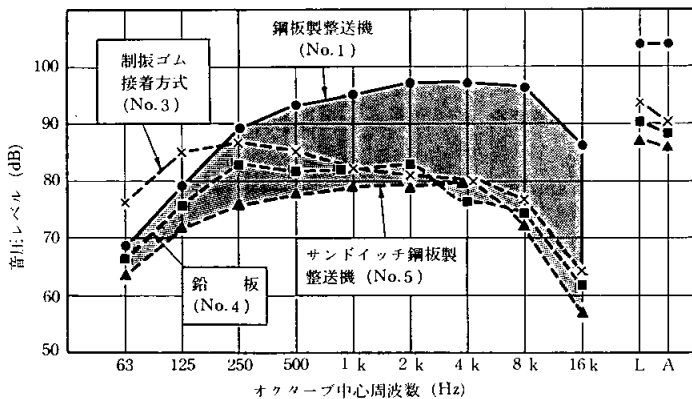


図 5 周波数分析結果

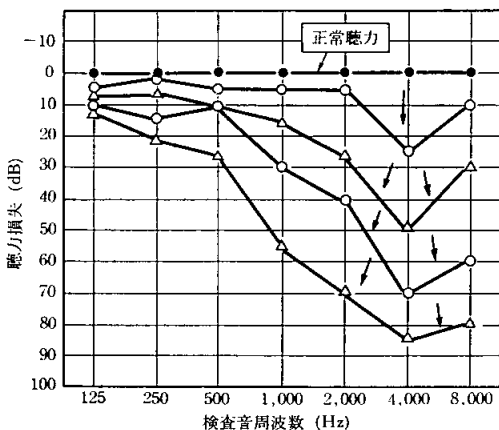


図 6 騒音性難聴のオーディオグラムと難聴進行の様

いる。それらの報告は長期間連続的にあるレベル以上の騒音に暴露されると内耳の細胞に変化が起こり、ひとたび難聴の症状にかかると回復が期待できないといわれている。

難聴には老人性難聴と職業性難聴があり、図 6 のごとく、前者は聴力検査の結果 6,000 ヘルツ以上の音から聞こえにくくなり、次第に全周波数帯域へと広がる。一方、後者は高音域(高周波域)とくに 4,000 ヘルツ付近の聴力が侵されるといことが特徴となっている。このように高音部に始まった聴力低下が 4,000 ヘルツ付近のみの間は日常生活に不便を生じない。それは普通の会話が 500~2,000 ヘルツの間であるからである。職業性難聴は知らず知らずの間に進行し、その間にじわじわと会話音域の音まで聞きにくくなってくる。この時点で難聴を

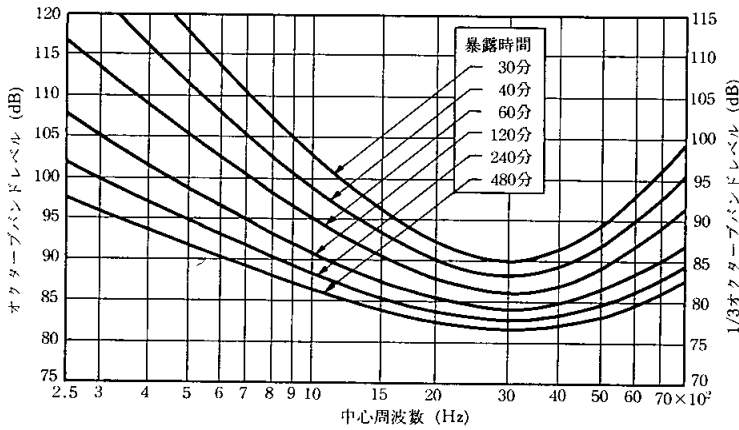


図7 日本産業衛生学会の騒音の許容基準

表2 騒音の許容基準

中心周波数 (Hz)	各暴露時間に対する許容オクターブバンドレベル (dB)					
	480分	240分	120分	60分	40分	30分
250	98	102	108	118	120	120
500	92	95	99	105	112	117
1,000	86	88	91	95	99	103
2,000	83	84	85	88	90	92
3,000	82	83	84	86	88	90
4,000	82	83	85	87	89	91
8,000	87	89	92	97	101	105

自覚することになるが、時すでに遅しである。

つぎに日本産業衛生学会が1970年に勧告した騒音の許容基準を図7および表2に示す。

許容基準は各工場の作業騒音を周波数分析し、本表に照らし合わせて暴露基準を順守するか、聴力保護具の使用が必要となる。しかしながら周波数分析は、それなりの装置も必要であり、常備してない場合が多いので、簡

便的には騒音計のA特性で測定した値が、90ホン(A)以下であれば8時間暴露に対する許容基準におおむね相当すると考えてよい。

今回試作した3種の自動整列供給装置は、すべてこの基準を満たしており、4,000ヘルツ以上の中心周波数では基準値をはるかに下回っていることといえる。したがって、このようなダンピング対策方法は今後の防音防振対策の一つの指針になるといえよう。

## 2.2 供試材の供給条件と音圧レベルの変化

図8～10は、供試材の供給速度とホップ保有重量が音圧レベルに及ぼす影響を比較したものである。

### 2.2.1 整送速度と音圧レベル

試作装置の対策前・対策後にかかわらず、打撃面ゴム方式以外は整送速度の変化により音圧レベルに大きな差が見られなかった。一方、打撃面ゴム方式では速度が増

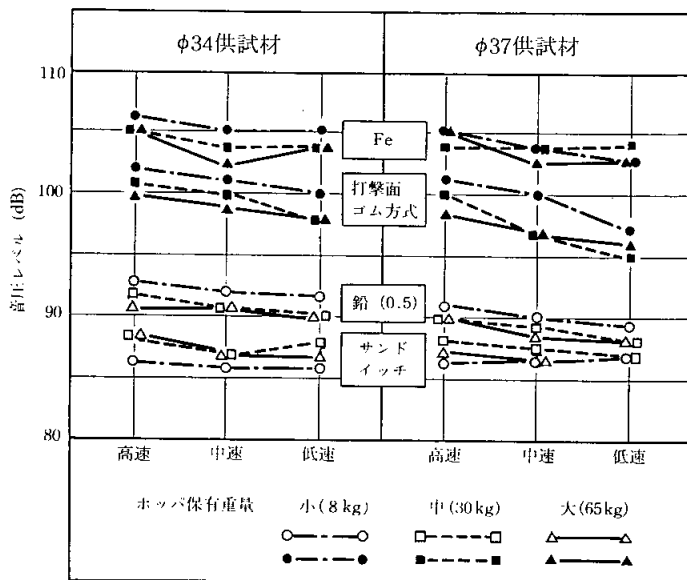


図8 測定条件と音圧レベルの関係(1)

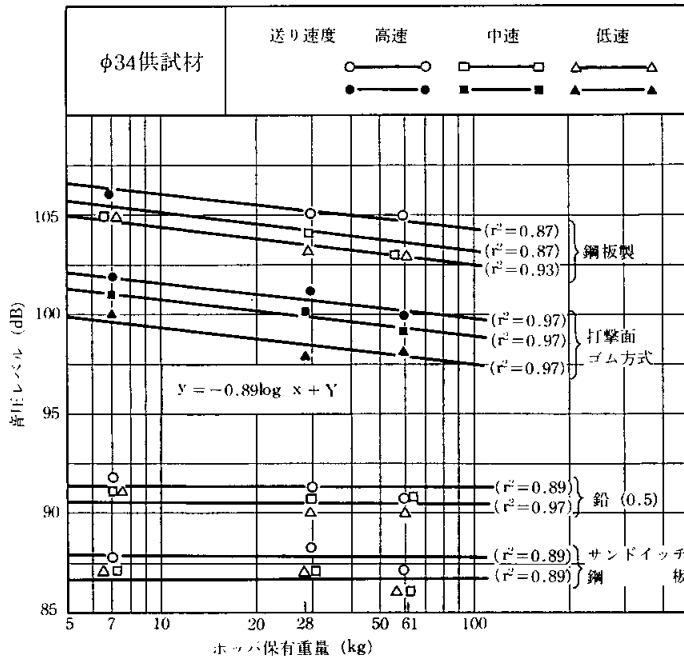


図9 測定条件と音圧レベルの関係(2)

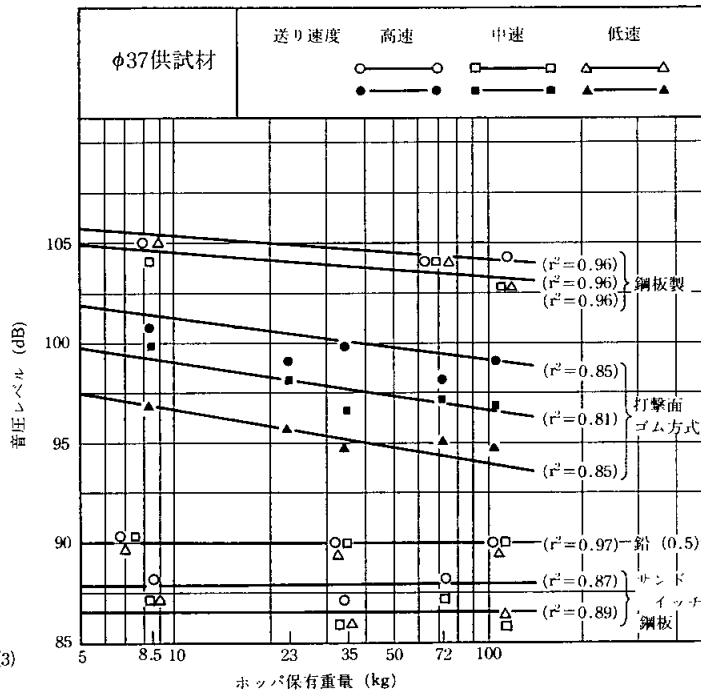


図10 測定条件と音圧レベルの関係(3)

加すると音圧レベルも上昇し、その割合は2～3デシベルであった。

### 2.2.2 ホッパー保有重量と音圧レベル

ホッパー保有重量と音圧レベルの関係を図8のホッパー保有重量を対数とし、片対数グラフで表示し、図9、10に示す。

鋼板製ホッパー(対策前)および打撃面ゴム方式の場合、ホッパー保有重量が大きくなると音圧レベルが減少し、高い相関が見られ、この関係を回帰方程式として示せば次のようになる。

$$\text{供試材 } \phi 34\text{mm} : y = -0.89 \log x + X$$

$$(r^2 = 0.87 \sim 0.97)$$

$$" \quad \phi 37\text{mm} : y = -1.2 \log x + X$$

$$(r^2=0.81\sim 0.96)$$

一方、制振対策を施した場合、ホッパ保有重量の影響は、どの方法においても見られなかった。

### 2.2.3 供試材料の大きさと音圧レベル

実験で使用した供試材は、自転車ハンガわんの冷間鍛造用材料を使用したため、二つの供試材料間に大きな重量差がないためと、ダンピングシートのダンピング効果が大きであったため、顕著な差は見られなかった。しかし、外径・単位重量の小さな供試材 ( $\phi 34\text{mm}$ ) の音圧レベルは、外径、単位重量の大きな供試材 ( $\phi 37\text{mm}$ ) より常に高い音圧レベルを示した (図8参照)。これは、エレベータフィーダの供試材すくい上げ装置であるトップチェーンの1パレットにそう入される数量が、外径の小さい供試材では多くなり、整送速度が同一の場合、相対的に単位重量が増加するためである。

また、衝撃面ゴム方式のようにダンピングによる制振効果が働いていない場合、図9、10のごとく同一送り速度のものを比較すると、 $\phi 34\text{mm}$  の音圧レベルが高いことがよくわかる。

## 2.3 騒音発生分布

図11、12は、対策前の鋼板製と、対策後のサンドイッチ

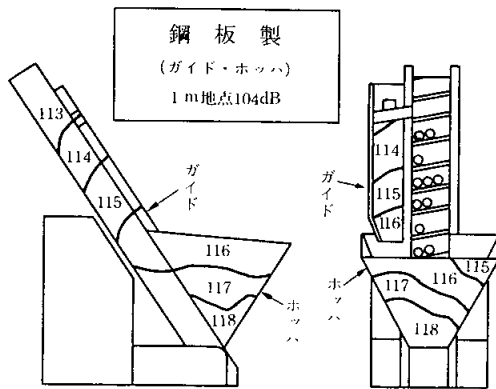


図11 騒音発生分布 (対策前)

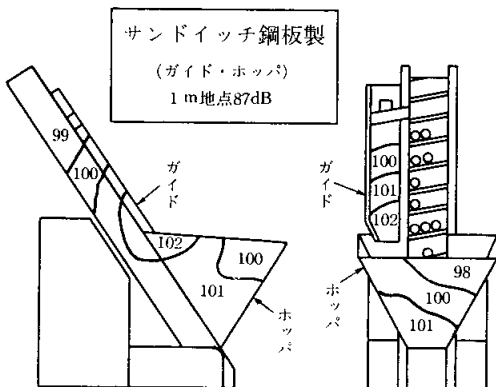


図12 騒音発生分布 (対策後)

チ鋼板製の自動整列供給装置<エレベータフィーダ>の等騒音レベル線図である。

等騒音レベル線図は、エレベータフィーダの表面より5mm離れた任意の位置に置いた。きわめて指向性に優れた音圧測定用ホーン型プローブマイクロホンで測定した音圧レベルより、各点における音圧レベルが等しいものをプロットして作成する。なおこの等騒音レベル線図は、騒音源の探査や音源の分布状態を掌握するために利用されている。

図11より、エレベータフィーダの騒音発生源は、ホッパ底部およびガイド下部を最大音圧レベルとして、全体が励振され、振動して音響放射面となって騒音 (二次固体音) を発生していることがわかった。

この騒音源であるホッパおよび落下ガイド部に制振対策 (ダンピング) を施し、騒音レベルの発生を防止する消音型のエレベータフィーダを作成し、対策後の等音レベル線図を求めたのが図12である。

対策後においても騒音源や音圧レベルの分布状態に顕著な差は見られない。しかしながら、音圧レベルは約17ホン減音し、最大で102ホンとなった。加えて対策前と比較して、高周波数成分が減少したため、供試材と鋼板が衝突したときの独特の残響はなくなり、鉛棒をハンマでたたいたような鈍い一ぼてぼて一音に変化したことを確認した。

## 3 自動化プレスの防音実施例

自動化プレスの防音対策は、単一のプレスに対する防音方式とは異なり、自動化のための被加工物の自動供給装置が付帯されている。これらの装置の防音対策を行ったのでここに紹介する。

対策を実施したプレスは、加圧能力 (公称能力) 50重量トン、機械の大きさ: 幅1.0m、奥行1.2m、高さ1.9mのパワープレスである。

対策方法は、機械本体を防音囲い方式とし、自動整列供給装置は、サンドイッチ構造のダンピング方式とした。

防音囲いは、合板、鉛板、グラスウールの積層複合板で、51年度に試作した透過損失が25ホン (A) の組立パネル方式の装置を使用した (図13参照)。

図14は、防音対策実施の効果を示す。図より組立パネル (防音囲い) による減音量が少ないのは、プレス機械に防振対策を施さなかったためである。

プレス前方の自動整列供給装置のダンピング対策を施すことにより、プレス前面の測定点①ばかりでなく、プレス側方の測定点にも減音効果があり、室内作業環境で100ホン (A) 近く発生していた騒音が85ホン (A) に

減音でき、労働省の室内作業場における騒音の許容基準を満足することができた。

### あとがき

実験結果を要約すれば、

- 1) 鋼板製エレベータフィーダ（従来型）とサンドイッチ鋼板製（消音型）のものを比較すると、後者の消音型は17デシベル（A）の減音効果があり、87ホン（A）となった。
- 2) 減音効果（制振効果）はサンドイッチ鋼板製のものが粘着方式のものより優れていた。
- 3) エレベータフィーダはホップおよび落下ガイド下部の2点から騒音を発生し、対策後もピークの地点は変わらなかった。
- 4) 53年度に試作した簡易型ダンピングシート試験装置で行った研究データと、今年度試作した実用機のダンピング効果はきわめて高い相関が得られた。
- 5) ダンピング材料で試作したエレベータフィーダは、日本産業衛生学会の許容基準に準拠し、大幅に室内環境の改善を図ることができた。

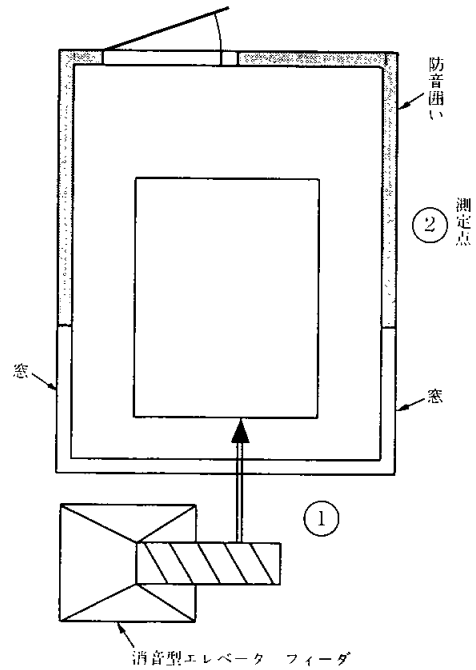


図13 防音対策概略図

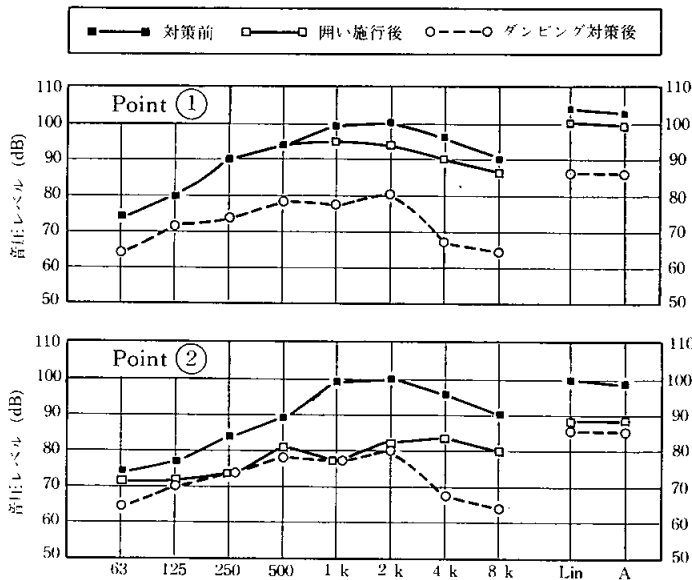


図14 防音対策実施の効果

以上所期の目的を達成することができた。今後ともより効率的に振動を減衰させ、発生騒音を押えるため、振動モードを考慮したダンピング方法や、防振金属のダンピングなどの研究を補足していかなければならない。

おわりに本研究を行うにあたり、指導を賜った大阪府立大学工学部橋本文雄教授、久米靖文助手、大阪府工業技術研究所高崎秀平、大阪府公害監視センター中村隆一検査課長、松井千明技師および実験に協力していただ

いた近畿大学理工学部前田節雄助手に深く感謝する次第である。

### 文献

- 1) 辻井ほか、自動整列供給装置の防音対策（エレベータフィーダ）、自転車技術情報No.2, 1979-11
- 2) 騒音対策ハンドブック、技報堂
- 3) 建築音響ハンドブック、技報堂