

機械基礎の振動影響の低減

高木 清*
Kiyoshi Takagi

1. 概要

本報文は、機械基礎近傍に設けられた施設の振動低減方法の一例を紹介するものである。振動を発生する機械の基礎は、機械が発生する振動数と基礎の固有振動数ができるだけ離し、共振領域に入らないように設計する必要がある。しかし、機械から発生する振動が幅広い振動数域である場合には、この方法による設計は困難である。

ここでは、広い振動数域を持つ振動を発生している機械基礎の上に、Fig. 1 のように建設された機械制御室の振動を低減するための方法を検討し、実施した結果を報告する。

2. 振動測定

制御室では、機械の動作をモニター画面と肉眼を併用して監視しており、機械の動作位置はパソコン上にデジタル値として出力されるようになっている。制御室は、機械基礎上に建設されているため、機械による振動がそのまま伝わり、これらの機械制御や操作員の作業環境に問題が生じていた。このため、基礎上および制御室床スラブ上の振動測定を行い、制御室の振動を低減する方法を検討することとなった。測定結果の一例を Table 1 に示す。

3. 対策方法

(1) 対策方法の選定

制御室の振動を低減する方法としては、次の方法が考えられる。

- ① 支持柱と桁間に防振材を入れる方法
- ② 室内を二重床として床面のみを防振する方法
- ③ 床支持構造を改造して振動の増幅を低減する方法

このうち、②の方法は、制御室内部の高さが変化することにより、操作員の視線が変わることが許されず、採用

できない。また、①の方法によれば効果は十分期待できるが、Table 2 の結果から高価な空気バネを採用せざるを得ない。したがって経済的に安価な③の方法を採用し、その結果を見てさらに振動レベルを下げる必要があるか否かを判断することとした。

(2) 対策工の設計

支持柱および床スラブの固有振動数は次のように求められる。

① 支持柱

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{g}{\delta}$$

ここに f : 固有振動数
 g : 重力加速度
 δ : 柱の変位量

$$\delta = \frac{P \ell}{EA}$$

ここに P : 柱一本に作用する荷重
 ℓ : 柱の長さ
 E : 柱部材の弾性係数
 A : 柱部材の断面積

上式より $f=39\text{Hz}$ となる。

② 床スラブ

一方向版とすれば、単純梁のたわみ量は、

$$\delta = \frac{5 q \ell^4}{384 EI}$$

ここに δ : スラブの変位量
 q : 載荷重
 ℓ : スラブのスパン長
 E : 柱部材の弾性係数
 I : 柱部材の断面2次モーメント

①と同様にして $f=17\text{Hz}$ となる。

Table 1 の測定結果より、制御室の振動は床スラブによって基礎の振動が増幅されて伝わっていると考えられる。そこで、支持柱を増設し床の固有振動数を加速度レベルの比較的小さい100Hz前後にすれば、制御室床での振動の増幅を抑えられると考えられる。支持柱を Fig. 1 のように増設すれば、床スラブの固有振動数は約130Hzとなり、上記条件をクリアできるため、

Table 1 振動測定結果

測定点	基礎上	床スラブ上
最大変位 (μ)	18.0	29.1
最大加速度レベル (dB)	81	92
卓越振動数 (Hz)	20	20

*土木設計部設計課

Table 2 各防振材料の比較

	金属 (コイルバネ)	防 振 ゴ ム	空 気 バ ネ		
			注 文 生 産 品	既 製 品	
長 所	<ul style="list-style-type: none"> ○設計が容易であり、期待した特性が得やすい。 ○耐候性に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○形状の自由度が大きい。 ○3方向のバネ定数が得られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○載荷荷重が変動しても、それに見合っ空気圧が変化するため、固有振動数があまり変化しない。 ○他のバネに比べ、同じ荷重に対して低いバネ定数に設定できる。 ○絞り減衰が期待できる。 	同 左	
短 所	<ul style="list-style-type: none"> ○減衰が小さいため、別にダンパー等を設置する必要あり。 ○載荷荷重の変動に対応できない。 ○サージングに対する配慮が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ○耐熱・油性の面で金属より劣る。 ○固有振動数の範囲に制限があり、低い振動数の防振に不向き。 	<ul style="list-style-type: none"> ○防振時に対象物の揺れを小さくするため、質量の大きい物体が必要。 	○固有振動数が選択できない。	
固有振動数	2 Hz 以上	4.5Hz 以上	1Hz 以下~6Hz 程度	3~4 Hz	
工 期	△ 製作日数は空気バネより長く必要。	○ 既製品あり。	△ 設計・製作日数約40日	○ 既製品。	
効 果	× 低振動数成分の防振効果に疑問。	× 効果が期待できない。	△ 効果は最も期待できる。	× 低振動数成分の防振効果に疑問。	
工 費	△	○	△	△	
評 価	×	×	△	×	

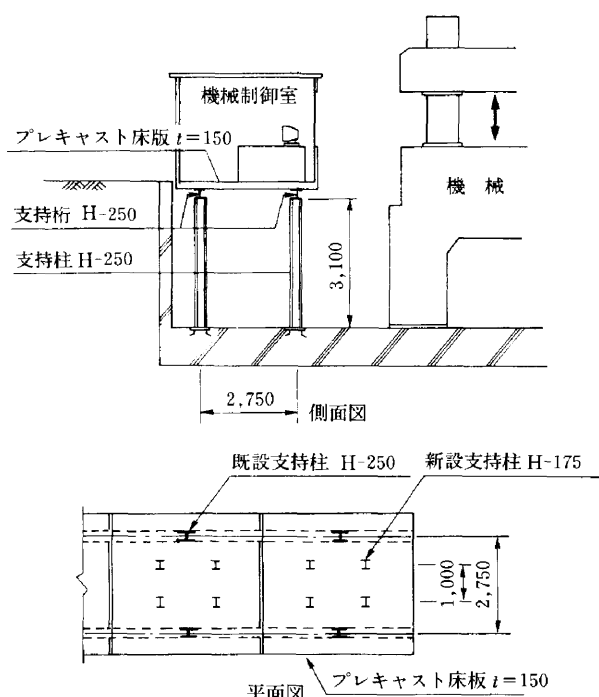


Fig.1 機械制御室構造図

床下に支持柱を増設することとなった。

4. 結果

柱増設による振動低減効果を調べるため、工事前と同様の振動測定を行った。対策前と対策後の機械基礎~床スラブ間の振動数分析結果を Fig.2 に示す。同図中の斜線部は、床の応答加速度レベルが基礎よりも大きくなっている振動数を示しており、振動の増幅している振動数域が対策工の実施により、16Hz 付近から100Hz 付近に移動していることがわかる。

振動の人体への影響は、4~8 Hz の低振動数域が最も大きく、それよりも高い振動数では鈍感になり、振動を感じにくくなる。Fig.3 には、床スラブ上での測定結果と ISO (国際標準化機構) の振動暴露基準を併せて示してあるが、対策前では20Hz において快感減退境界線 (8時間暴露) を越えているのに対し、対策後では境界線を下回り、感じにくくなっていることがわかる。

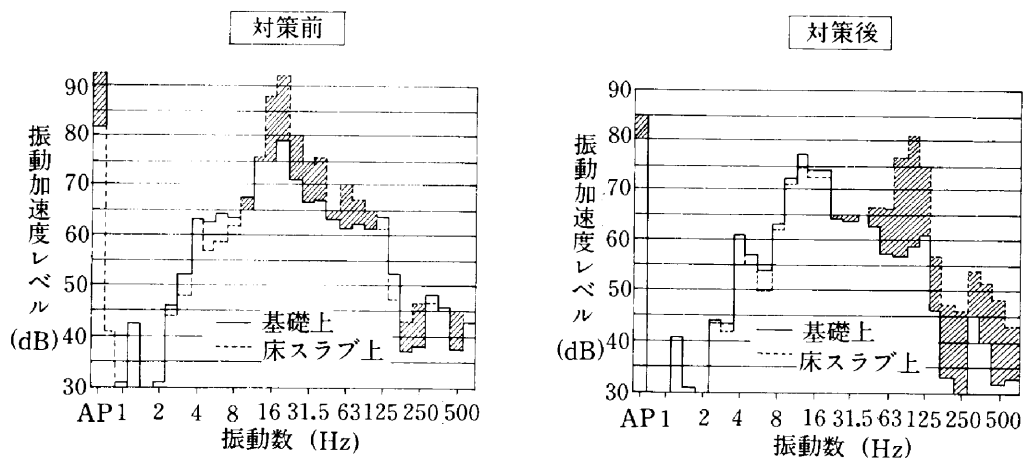


Fig.2 基礎～制御室間の振動数分析結果

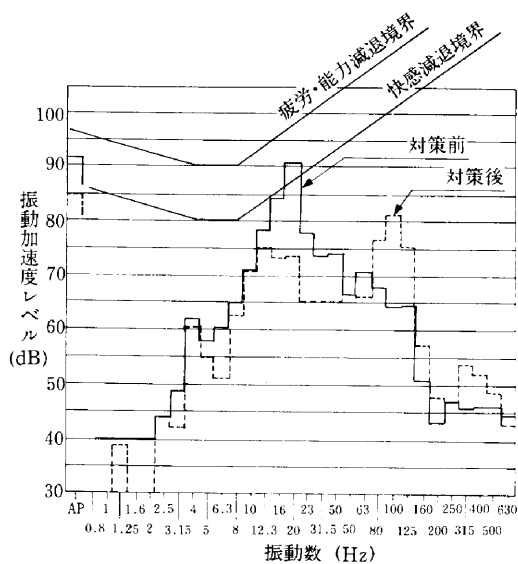


Fig.3 床スラブ上での振動測定結果の比較

5. おわりに

本工事は、比較的軽微な構造の変更で、ある程度の振動低減効果が得られた一例として紹介した。しかしながら、既設建造物の構造の変更は、今回のように容易にできるケースだけでなく、条件によっては改造不可能な場合もある。また、このような構造の補強や変更のみでは、対策の効果にも限りがあるため、基礎の計画・設計時に十分な配慮をすることが必要である。

本業務にあたり、振動測定や防振方法の検討に御協力、御指導頂いた関係各位に感謝致します。