

高架橋の交通荷重により発生する建物振動の 動吸振器を用いた制振

VIBRATION CONTROL OF A BUILDING UNDER TRAFFIC LOADING ON VIADUCT
BY TUNED MASS DAMPER

嶋田 三朗¹⁾ 藤波 健剛¹⁾ 上代 悟史²⁾

By Saburo SHIMADA, Takeyoshi fujinami and Satoshi JODAI

Tuned mass damper constituted by multi stage rubber bearings with high damping was settled to the top of a five stories building to reduce the vibration generated by traffic loading of viaduct passing by its side. It became clear that predominant mode of the vibration include torsion, therefore the tuned mass damper was located an eccentric point from the center of gravity of the building.

By the effect of the tuned mass damper, it was found that the vibrational amplitude of the building was reduced about 40% against without tuned mass damper.

1. まえがき

都市内道路高架橋において発生した交通振動は、橋脚から地盤を伝わり、隣接する建物を振動させる。その振動は微小振幅であり、建物を崩壊に至らせるような荷重とはならないものの、建物内での居住環境、作業環境を阻害する要因となり、解決すべき振動問題として取り上げられることも珍しくはない。このような道路高架橋を発生源とする環境振動は、高架橋の桁のたわみ振動、桁継手部への走行車両の衝撃などが原因として考えられており、これまで様々な振動軽減対策がとられてきた¹⁾。例えば、桁間のノージョイント化、高架橋各部材の剛性増加等であり、桁への動吸振器の設置も試みられている。しかしこのような振動問題は、振動源、地盤を含む振動伝搬および対象構造物の振動特性等が複雑に関連しており、その決定的な対策は未だ見いだせない状況にあると言えよう。

ところでこれまでの振動軽減対策は、上述のように主として振動の発生源側ないしは伝搬経路においてなされてきた(例外として、木造家屋に対して支持ばねを固くし、共振振動を避けた防振工法をとった例²⁾はある)のに対し、本研究では建物側での対策として動吸振器を用いた実施例について述べるものである。

動吸振器³⁾を用いた制振は、機械工学分野などの定常的な振動に対しては一般的な対策方法となっている。また、建築分野においても、高層建築やタワーの風振動など、比較的、定常的で大振幅を有する振動への対策としては、実用化されている機構である。しかしながら、交通振動を対象とし、建物という構造物に設置

1) 工博 前田建設工業(株) 技術研究所 (〒179 東京都練馬区旭町 1-39-16)

2) 前田建設工業(株) 技術研究所 (〒179 東京都練馬区旭町 1-39-16)

した例はこれまでほとんど見られないものである。

2. 対象建物

対象となる建物は、図2-1に示すように、高架上を走る高速道路本線に高速道路出口を挟んで隣接しており、地上部総重量440ton、1×3スパンを有する地下1階地上5階建ての鉄骨造建物である。基礎は杭基礎を用いており、1200φのアースドリル杭8本により支持されている。地盤は、GL-20m程度まではN値3～5の粘性土よりなっており、杭先端はGL-29m程度から現れるN値60以上の砂礫層に支持されている。

建物に隣接する高速道路本線は、5車線で図2-1の右手から左へ一方通行となっている。その橋脚は鉄筋コンクリート製のラーメン構造となっている。

表2-1に建物諸元を示し、図2-2に高速道路出口付近よりみた建物全景を示す。

表2-1 建物諸元

建物用途	貸事務所（店舗、立体駐車場付）
規模・構造	地下1階（RC造） 地上5階、塔屋2階（S造）
最高の軒高	16.9 m
建築面積	237.829 m ²
延床面積	304.820 m ²
基礎	場所打ちコンクリート杭

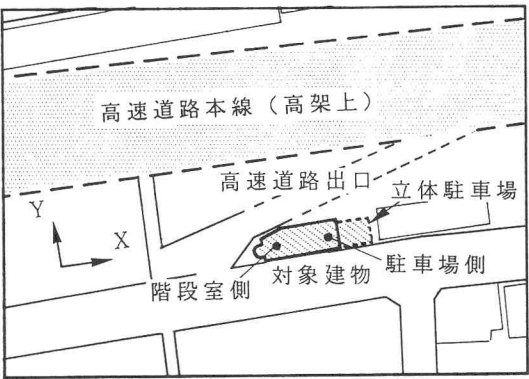


図2-1 対象建物の位置関係図

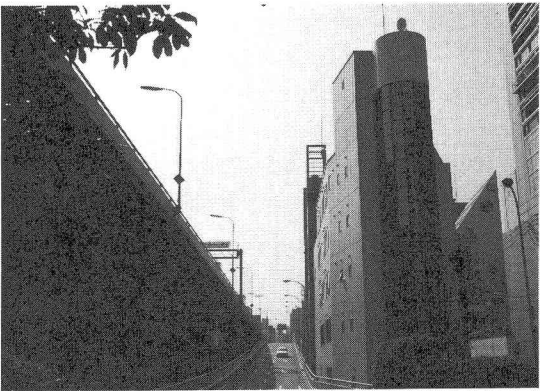


図2-2 建物全景

3. 振動特性の把握

3. 1 振動測定

振動特性の把握を目的として、振動測定を実施した。測定は渋滞時を避け、昼休みなどの高速道路において大型車の走行量が比較的多く、走行車両がスムーズに流れている時間帯（建物上層部で振動をよく感じる時間帯に対応する）に数分単位で断続的に実施した。変位、速度、加速度を測定量として実施しているが、本報では、変位記録をもとに特性の把握を行っている。

図3-1に、比較的振幅の大きい振動が発生する時間帯における屋上階駐車場側、階段室側の短辺方向（Y方向）、長辺方向（X方向）それぞれにおける変位の時刻歴波形を示す。図中の振幅最大値は、

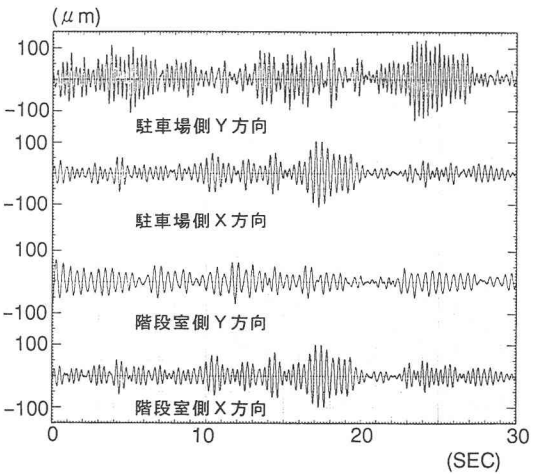


図3-1 屋上階における変位波形

駐車場側Y方向において $130\mu\text{m}$ 、階段室側Y方向で $50\mu\text{m}$ 、X方向については駐車場側、階段室側ともに $100\mu\text{m}$ 程度である。発生振動の特徴としては、大型車の走行に対応して、振幅がひととき大きく成長し、ピークを過ぎて小さくなる起伏が5秒程度の継続時間で現れる。この起伏の継続時間は、体感上強く感じる時間の長さとも一致するものと思われる。また、X方向の振動については、駐車場側と階段室側が、全体的に同じ振幅レベル、同位相であるのに対して、Y方向においては、駐車場側と階段室側が、異なった振幅レベルと周期を示していることが特徴として挙げられる。

図3-2に、屋上階駐車場側Y方向の変位フーリエスペクトルを示す。また、屋上階階段室側Y方向の変位フーリエスペクトルを図3-3に、屋上階X方向の駐車場側、階段室側それぞれの変位フーリエスペクトルを図3-4に示す。

駐車場側Y方向のフーリエスペクトルによると、2.2Hz、2.7Hz、3.4Hzに卓越振動数がみられるが、階段室側Y方向では、2.2Hzのみに卓越振動数が現れており、その特性に明かな違いがみられる。なお、振動振幅が最も大きい駐車場側Y方向で卓越している3.4Hzの振動数成分は、人体の振動感覚との関わりが大きい加速度について考えると、さらに卓越度合いが大きくなる。

また、X方向については、駐車場側と階段室側が、ほぼ同一の特性を示しており、2.7Hzのみに卓越振動数がみられる。

ただし、これらは高さ方向についてはそれぞれ独立した1次形のモードが卓越していることが、各階における同時刻の振幅分布よりわかっている。

ここで、供用階部分での振動について Meisterの振動感覚曲線⁴⁾にしたがって考察を行った。4～5階においては、駐車場側Y方向における振幅の大きさは人体感覚上「よく感じる領域」から「ようやく感じる領域」に、X方向の振幅は駐車場側、階段室側ともに「ようやく感じる領域」に、階段室側Y方向の振幅が「ようやく感じる領域」から「感じない領域」に分布している。なお、3階以下の部分では駐車場側、階段室側のX、Y方向いずれも、ほとんどが「感じない領域」に分布している。

振動測定から得られたこれらの振動特性について、より明確な判断を下すために、次項で解析結果との比較を行った。

3. 2 解析による検討

構造設計書の諸元を用いて、対象建物の各階をそれぞれ1質点に置き換え、それぞれの質点が水平方向X、Y成分と水平面内のねじれ成分 θ を自由度に持つ5質点×3自由度振動解析モデルを作成した。なお、本研

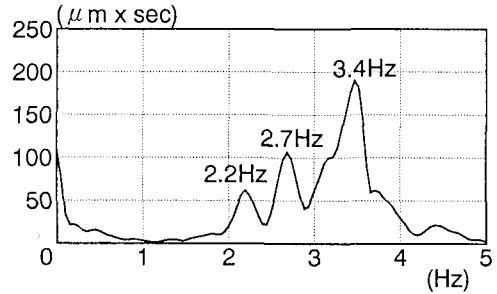


図3-2 屋上階駐車場側Y方向における変位フーリエスペクトル

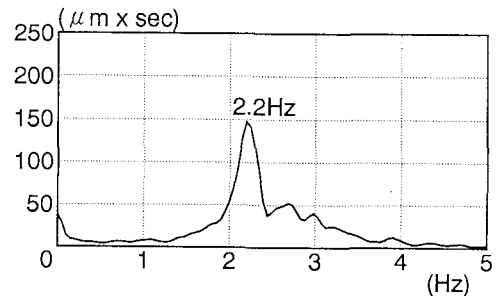


図3-3 屋上階階段室側Y方向における変位フーリエスペクトル

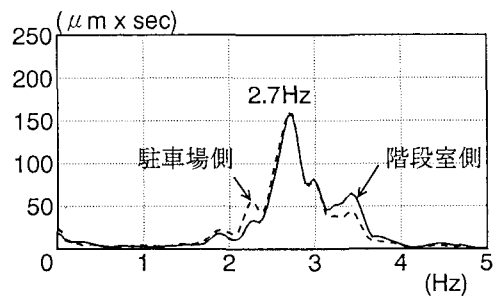


図3-4 屋上階X方向における変位フーリエスペクトル

究では微小振幅での振動を対象としていることから、雑壁（ALC 版）についても剛性に影響を与えるものと考え、これらも考慮にいられて剛性を算定した。

このモデルを用い、固有値解析を行った。図 3-5 に、その固有振動数と屋上階における平面的な固有モードを示す。なお 3 次までは、高さ方向にはいずれも 1 次形の振動モードとなっている。解析より得られた固有振動数は、1 次 2.2Hz、2 次 2.3Hz、3 次 3.0Hz となっており、固有モードは 1 次が階段室側 Y 方向が大きくなるねじれ、2 次が X 方向の並進（Y 方向の並進を含む）、3 次が駐車場側が大きくなるねじれモードを示している。

前項に示した測定結果を併せ考えると、1 次 2.2Hz は、階段室側 Y 方向でのフーリエスペクトルのピークに、2 次 2.3Hz は、X 方向と駐車場側 Y 方向のフーリエスペクトルの 2.7Hz のピークに、3 次 3.0Hz は、駐車場側 Y 方向のフーリエスペクトルの 3.4Hz のピークに該当すると考えると、建物の挙動が良く説明できる。しかし 2 次、3 次の固有振動数が低めになっていることおよび、高さ方向の振動モードの分布形状が実際の測定結果とは異なっており、厳密には本建物の振動モデルとはなっていないことがわかった。

4. 対策の実施

4. 1 方針の決定

対策方法として、次の 3 つについて検討を行った。

- ① 柱・壁部の補強による剛性増加
- ② 減衰機構の付加（オイルダンパー等の設置）
- ③ 動吸振器の設置

①の方法については、構造系の変化にともなうねじれの増大など、耐震設計上で問題が生じる可能性がある。また、試算によると、固有振動数の変化が、必ずしも振動低減に寄与しないことがわかった。さらに、大規模な工事が必要であること、A 建物が既に供用中であることなどから、実施は困難であると判断された。

②の方法については、設置場所が限られること、また、①と同じく工事が必要であるうえにダンパーのコストも高いことなどから、実施は困難であると判断された。

交通振動を受ける建物振動への動吸振器の設置による振動対策は、未だ経験がなく不確定要素が多い。しかしながら、③の方法は屋上階に設置するだけで、特別な工事の必要もないことから、決定的な対策方法のない現状においては最善の方法であると判断し、採用することとした。

4. 2 対策の検討

前節の検討において、人体の振動感覚に関わりが大きい加速度が、駐車場側 Y 方向において最も大きく、そこでは、固有振動数の 3 次にあたる 3.4Hz のねじれモードが支配的であるという知見が得られた。したがって、本建物においては 3 次の振動モードを対象とした振動対策を行うことが最も効果的であり、3 次の振動数に動吸振器を調整して改善を図ることとした。なお、このモードがねじれモードであることを考慮して、動吸振器を建物屋上階の中央ではなく駐車場側に設置することにより慣性質量を増大させ、制振効果を向上させることを考えた。

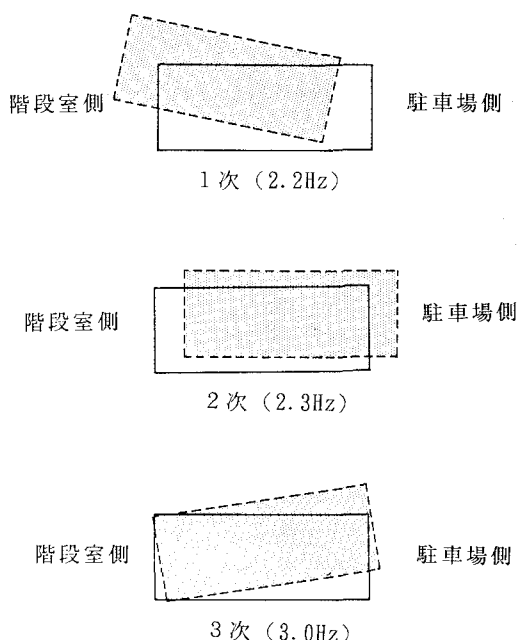


図 3-5 固有値解析結果より得られた屋上階における振動モード

動吸振器の設計および効果の予測は、以下のように考えて行った。

まず3次モードに対する振動モデルを作成する。屋上動吸振器設置予定地点で観測された波形に対して3次の3.4Hzを中心としたバンドパスフィルタをかけて得られた波形を3次モードの応答波形と考え、これに合致するような1自由度モデルを作成する。このモデルは動吸振器設置位置での建物の3次モードの運動を表すことになる。ここで建物は1軸偏心と考え、Y方向入力に対する応答のみを考えるものとする。3.2項で用いた5質点モデルの質量および慣性質量をそのまま用いることとすれば、次式のようになる。

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & & & & \\ & m_2 & & & \\ & & m_3 & & \\ & & & m_4 & \\ & & & & m_5 \end{bmatrix} \quad [I] = \begin{bmatrix} I_1 & & & & \\ & I_2 & & & \\ & & I_3 & & \\ & & & I_4 & \\ & & & & I_5 \end{bmatrix} \quad (4 \cdot 1)$$

ここに、 $m_1, m_2, \dots, m_5$ ：各層質点質量

$I_1, I_2, \dots, I_5$ ：各層質点慣性質量

振動モードは、振動観測で得られた駐車場側と階段室側の同一時間でのY方向変位分布から、Y方向並進成分とねじれ成分を求めた。さらに、屋上階での動吸振器設置位置でのY方向変位が1となるように基準化した。これらをそれぞれ次式のように表す。

$$\{ {}_3u \} = \{ u_1 \quad u_2 \quad u_3 \quad u_4 \quad u_5 \}^T \quad (4 \cdot 2)$$

$$\{ {}_3\theta \} = \{ \theta_1 \quad \theta_2 \quad \theta_3 \quad \theta_4 \quad \theta_5 \}^T \quad (4 \cdot 3)$$

ここに、 $u_1, u_2, \dots, u_5$ ：各層での並進モード

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_5$ ：各層でのねじれモード

T；行列の転置を表す

このモードを用いて、3次のモードマス ${}_3M$ は、以下のように求められる。

$${}_3M = \{ {}_3u \}^T [M] \{ {}_3u \} + \{ {}_3\theta \}^T [I] \{ {}_3\theta \} \quad (4 \cdot 4)$$

3次の刺激係数 ${}_3\beta$ は以下のようになる。

$${}_3\beta = \{ {}_3u \}^T [M] \{ 1 \} / {}_3M \quad (4 \cdot 5)$$

Y方向入力に対する建物重心での応答は、以下のようになる。

$$\begin{Bmatrix} {}_3Y \\ {}_3\Theta \end{Bmatrix} = {}_3\beta \begin{Bmatrix} {}_3u \\ {}_3\theta \end{Bmatrix} {}_3q_{0Y}(t) \quad (4 \cdot 6)$$

ここに、

${}_3q_{0Y}(t)$ ：地動 $\ddot{y}_0(t)$ に対する3次固有振動応答

結局、重心から l だけ離れた動吸振器設置位置での応答は、次式で表せる。

$$\begin{aligned} Y &= {}_3Y + l {}_3\Theta \\ &= {}_3\beta ({}_3u + l {}_3\theta) {}_3q_{0Y}(t) \end{aligned} \quad (4 \cdot 7)$$

動吸振器の効果を見るためには、動吸振器質量を先の3次モデルに付与した2自由度系として考える。なお、動吸振器の設計は地動入力に対する動吸振器の最適調整⁵⁾によって行うものとし、建物との固有振動数比 f および最適減衰定数 ζ を次式により求めた。

$$f^2 = (2 - \mu) / 2(1 + \mu)^2 \quad (4 \cdot 8)$$

$$\zeta^2 = \frac{\mu}{8(1 + \mu)} \left\{ 3 + \frac{3\mu \pm \sqrt{2\mu}}{2 - \mu} \right\} \quad (4 \cdot 9)$$

ここに、 μ ：3次モードマスに対する動吸振器質量の質量比

図4-1に前記手法により行った30秒間の解析結果を示す。図中の(a)は屋上動吸振器設置予定位置(建物重心位置から11.85m離れた位置)で観測された変位波形であり、これに3次モードの3.4Hzを中心としたバン

ド幅0.1秒のバンドパスフィルタをかけて得られた波形が(b)である。(a)と同時に観測した1階でのY方向加速度を入力とした場合の3次モードモデルの応答変位結果が(c)である。これに質量 3.1 t の動吸振器を建物重心から11.85m離れた位置に付与した場合の応答変位結果が(d)、その際の動吸振器の応答変位が(e)である。なお、この際の建物モデルは、後述するように、動吸振器設置位置に 4.4ton相当の基礎が設置されることを勘案して、その固有振動数を3.28Hzに変更している。また、この建物モデルのモードマスは、式(4・4)のように定義すれば、建物の回転慣性質量の影響も含めた広義のモードマスを表し、 $0.107 \text{ ts}^2/\text{cm}$ となる。ここで動吸振器自体の回転慣性質量は小さいことから無視し、動吸振器の重量を3.1 t ($0.003 \text{ ts}^2/\text{cm}$)とすれば、質量比は3%となる。動吸振器の固有振動数は、式(4・8)から振動数比 f が 0.96となることから、3.15Hz に設定した。一方動吸振器の減衰定数は、式(4・9)によれば10.5% となるが、実際の装置で得られた減衰定数を用い、6.6%とした。

表4-1にはこれら波形の最大値と2乗平均平方の値(以下RMS値と称す)を示す。(b)の波形は(a)とほとんど変わらず、その大きさも最大値で85%、RMS値で 97%となっている。これは建物がほぼ3次モードによって振動していることを示している。(c)のモデルは固有振動数3.33Hz、減衰比1.5%とした場合であるが、1軸偏心の1方向入力の解析モデルによって、本建物の運動はほぼ説明できる。(d)に示すように、3次モードに対する動吸振器の効果は大きく、動吸振器を付与しない場合に比べて、最大値で40%、RMS値で 56%の低下を示している。これに、解析モデルによる影響として(b)と(c)の比を乗じ、3次以外のモードの影響として(a)と(b)の差を加えて補正すれば、動吸振器を付与することにより、最大値で34%、RMS値で 54%の振動低減効果が見込めることになる。

動吸振器は、それ自体が大きく振動することによりモードマスにその反力が作用し、モードマスの振動が低減していることが波形から良く現れており、モードマスとの振幅比は、最大値、RMS値ともに約5倍となっている。

また、3次のモードマスについて、回転成分を考慮せず、Y方向並進のみを考えると $0.22 \text{ ts}^2/\text{cm}$ となり、回転成分を考慮した場合の約2倍の値となっている。これは動吸振器を建物の重心に設置した場合に相当するが、動吸振器を付与した場合の制振効果に影響し、同一質量を有する動吸振器でも、モードマスに対する質量比が半分になってしまうことになる。このように、回転成分を有する振動に対して動吸振器を設置する場合には、重心位置から偏心させることにより慣性質量を大きくし、回転に対する制振効果を向上させることが肝要である。

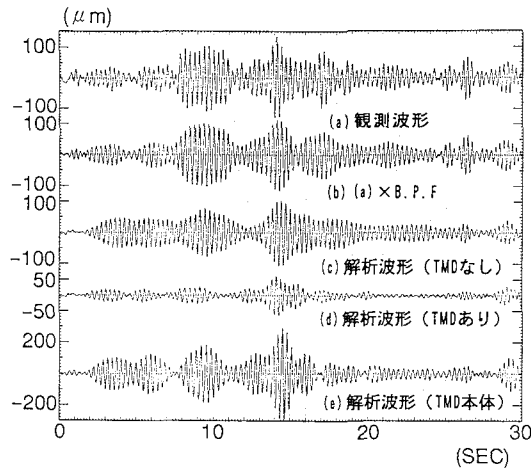


図4-1 屋上階駐車場側Y方向における変位波形

表4-1 変位波形の最大値及びRMS値と動吸振器の効果予測

波形番号	項目	最大値 (μm)	RMS値 (μm)
(a)	観測 (TMD無)	136.4	36.9
(b)	(a) × B.P.F.	115.5	35.7
	(b)/(a)	(85 %)	(97 %)
(c)	解析 (TMD無)	107.0	30.2
(d)	解析 (TMD有)	64.2	13.3
	(d)/(c)	(60 %)	(44 %)
(e)	解析 (TMD本体)	294.1	65.9
	効果予測	(66 %)	(46 %)

B.P.F. : バンドパスフィルタ

5. 動吸振器の製作

動吸振器の製作にあたっては、制振対象が交通振動を原因とする建物の微小振幅レベルの振動であることから、装置の摩擦抵抗が、特に問題となる。図5-1に、今回用いた動吸振器の概要図を示す。鋼製の可動重量を高減衰多段積層ゴムによって支持することによって動吸振器とした。支持部の多段積層ゴムは、直径37mm、高さ40.1mmの大きさの4個の高減衰積層ゴムを5段に積み重ねたものを1脚とし、これを4脚用いることとした。高減衰多段積層ゴムの使用は、摩擦抵抗の問題を排除し、微小振幅レベルの振動での装置の動作性能を確保するとともに、減衰装置を別置きする必要をなくし、コンパクトな装置の設計を可能にした。また、多段積層ゴムの段数および可動重量中の調整用重量により、動吸振器としてのきめ細かな周期調整が可能な機構となっている。また、動吸振器は多段積層ゴムによる装置の特性として、X方向、Y方向ともに同じ性能を有するものとなっている。

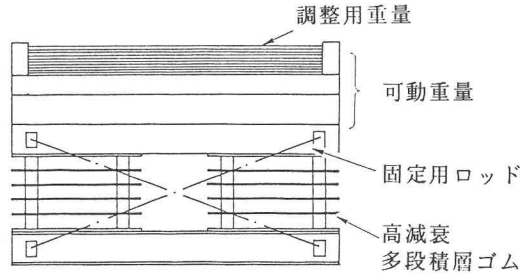


図5-1 動吸振器の概要図

なお、図中に1点鎖線で示した固定用ロッドは、装置がある振幅レベルに至るまでは何等影響を与えないものであるが、地震時に1cm程度の振幅を越えるような時は、ストッパーとして働くように設定されている。また、動吸振器としての効果を確認するための手段として、ストッパー部分の緊結による可動重量の人為的な固定が可能となっている。固定時には、装置はただの付加重量として扱うことができる。

装置の製作にあたって、高減衰多段積層ゴムの振動特性を把握するために、実験室内において事前に強制加振による性能試験を実施した。高減衰ゴムには歪依存性が存在するので、動吸振器の応答変位レベルに応じてその等価ばね定数が変化し、それに伴い共振振動数も変化する。そこで、性能試験は動吸振器の応答レベルが一定でかつ建物の屋上階に装置を設置したときの振幅レベルとなるように設定して行った。図5-2に動吸振器の可動重量を2.5tonとした場合に得られた共振曲線を示す。共振振動数が3.5Hzに現れ、減衰定数として6.6%が得られることがわかった。

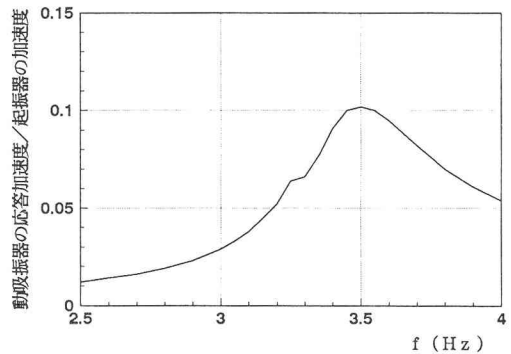


図5-2 動吸振器の共振曲線

図5-3に、動吸振器の設置状況を示す。動吸振器取付架台基礎が付加質量として作用することにより、建物の固有振動数が変化する⁶⁾。特に、今回のように動吸振器が建物重心から大きく偏心した位置に設置される場合には、その影響が大きいと考えられる。動吸振器取付架台の重量が4.4tとなったため、

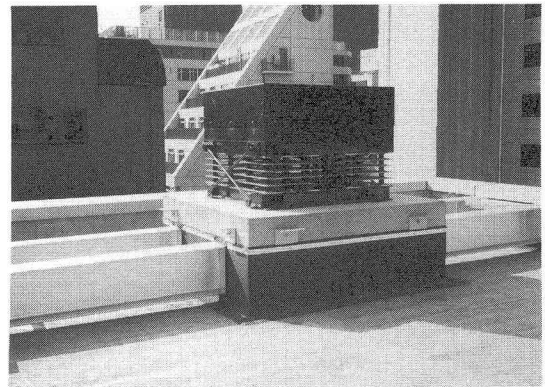


図5-3 動吸振器設置状況

これが設置された場合の建物の固有振動数の変化を計算したところ、3.33Hz が 3.28Hz となった。さらに式（4・8）に従って動吸振器の固有振動数を求めると、3.15Hz となる。したがって、3.15Hz を中心に動吸振器の固有振動数を調整可能としておき、振動測定を実施の上調整用重量を調整し、最終的な周期調整を行った。結果として、3.1ton（建物総重量の0.7%）の可動重量を有し、3.1Hz の振動数に合わせた動吸振器を、建物重心から11.85m 駐車場側に偏心させた位置に設置した。

また、多段積層ゴムの劣化、および温度変化による装置の振動特性の変化を防止するために、内部に断熱材を貼り、換気孔を設けた小屋を作製し、動吸振器部を覆うこととした。

6. 動吸振器による効果

交通振動を受ける建物振動に対する動吸振器の有効性を検証するために、振動測定を実施した。

交通振動による入力はその振幅、周期特性が刻々変化しており、同じ状態を再現することは不可能である。一方、動吸振器を固定した状態と作動させた状態（装置の固定用ロッドを固定させた状態と解放させた状態）を同時に測定することもできないことから、動吸振器の効果を直接算出することはできない。

本報においては、実際に測定した記録の内、いろいろな状態における屋上での振動をその時の1階での振動の大きさととの比であらわすことにより、動吸振器の効果を統計的に検証する方法を用いている。昼休み時などの大型車の走行量が比較的激しく、建物において大きな振動が発生する時間帯において実施した測定記録の内、動吸振器を固定した場合と作動させた場合からそれぞれ、振幅が大きい部分について、無作為に5秒間の記録を数10ケース取り出し比較を行った。1ケースを5秒間に設定するにあたっては、振動特性の把握において前述した大型車の走行に対応した振幅の起伏を、1単位としたものである。

図6-1に、屋上階駐車場側Y方向における動吸振器の効果を示す。上述の通り、5秒間の変位記録の内、最大値と2乗平均平方値（RMS値）について、動吸振器を固定した場合と作動させた場合それぞれの1階床上の値を横軸に、屋上階駐車場側の値を縦軸に示す。この様に図示することで、その点と原点とを結ぶ線の傾きが応答倍率を示すことになる。図中の点線および実線の傾きは、動吸振器が固定された場合と作動した場合、それぞれの点から回帰した平均的な応答倍率 S_d を示す。これによれば、動吸振器を作動させたときの点のプロットが、固定させたときのそれよりも低いレベルに点在している。したがって、 S_d の値でみると、動吸振器を設置したことで、最大値が 9.12 から 5.76 に、また、RMS 値が 10.31 から 6.17 に低下し、最大値で 37%、RMS 値で 40% の低減効果が現れている。

図6-2に、屋上階階段室側Y方向における動吸振器の効果を示す。最大値、RMS 値ともに、動吸振器を作動させた時と固定した時で明確な違いがみられず、 S_d の値についても大きな差はなく、動吸振器の影響はないことがわかる。

図6-3に、X方向における動吸振器の効果を示す。X方向の振動についても、動吸振器の作動時は、固定時よりも低いレベルにある。 S_d の値をみると、動吸振器の設置により最大値で 7.47 が 6.10、RMS 値で 8.80 が 6.67 に低下して 20% 程度の低減効果が現れている。X方向の振動については、動吸振器の効果を期待していなかったが、振動数が比較的接近している（動吸振器 3.1Hz に対して X 方向 2.7Hz）ことなどから、X 方向の並進モードについても作用したものと思われる。

前述した Meister の振動感覚曲線に従って、本建物の供用階部分における人体感覚の変化について考察を行った。今回制振の対象とした駐車場側 Y 方向の変位振幅については、最大値で「よく感じる領域」から「ようやく感じる領域」に、RMS 値で「ようやく感じる領域」から「感じない領域」との境界付近まで低減させている。X 方向にも効果があることから、全体の振幅レベルにおいて「よく感じる領域」への分布がなくなっている。これらのことから、動吸振器による制振が、本建物における人体感覚上、振動対策として有効であることがわかった。

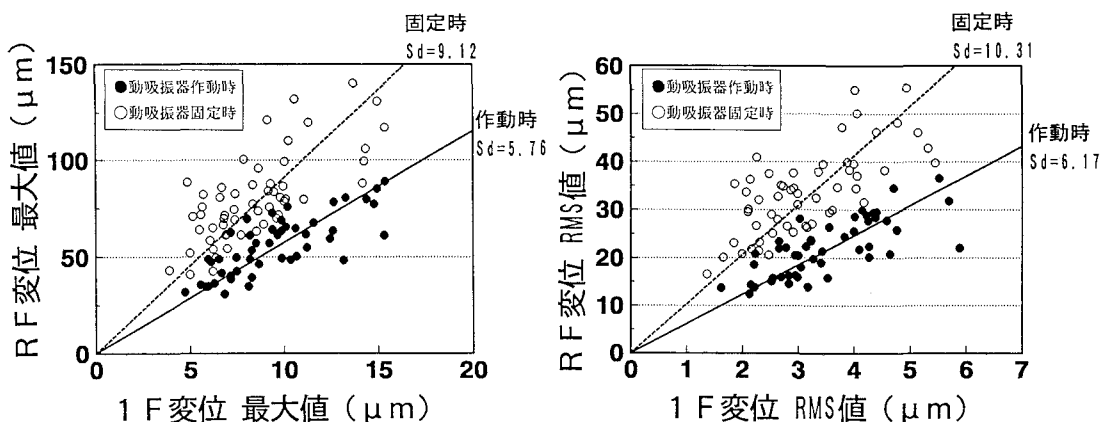


図 6 - 1 駐車場側 Y 方向における動吸振器の効果

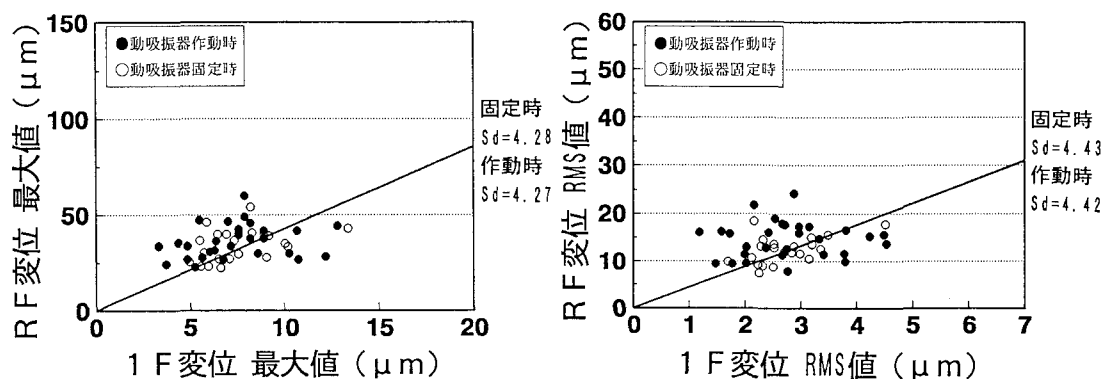


図 6 - 2 階段室側 Y 方向における動吸振器の効果

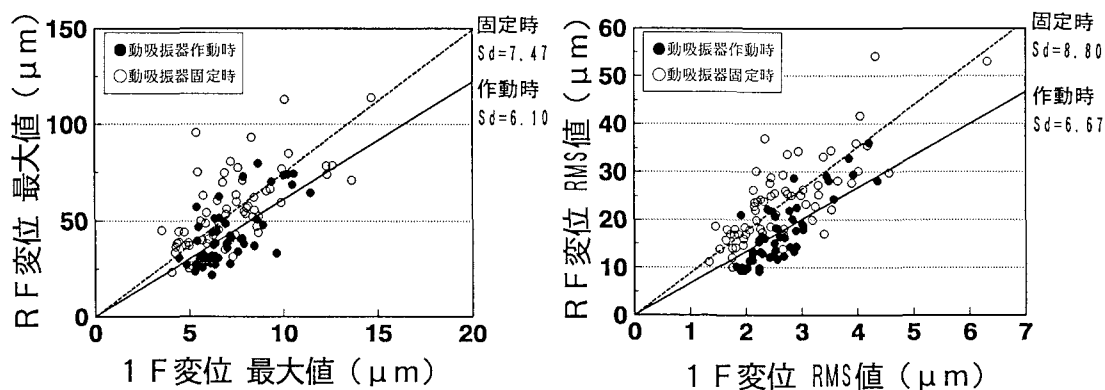


図 6 - 3 X 方向における動吸振器の効果

7. まとめ

交通振動を受ける建物におけるの微小振幅レベルでの振動問題を対象として、動吸振器を用いた制振の有効性について検討を行った。都市内高架橋に隣接する A 建物における振動対策を例に、得られた結果を以下

にまとめる。

(1) 対象建物の振動特性を検討した結果、交通振動により発生している振動は、固有振動数の3次にあたる駐車場側短辺方向が大きく振動するねじれモードが支配的であり、このモードを抑えることが、動吸振器による振動対策として最も効果的であることがわかった。

(2) 高減衰多段積層ゴムを使用することにより、微小振幅レベルの振動に対しても有効に作用することのできる動吸振器が製作できた。

(3) ねじれモードが支配的な振動に対して動吸振器を設計するためには、動吸振器を建物重心から偏心させた位置に設置することで建物重心に対する慣性質量を大きくでき、動吸振器のモードマスに対する質量比を大きくなるために、同一質量であっても制振効果をより向上させることができる。

(4) 屋上階駐車場側に動吸振器を設置することにより、駐車場側短辺方向の振動に対して40%程度の低減効果が確認された。また、制振の対象外であった長辺方向の振動に対しても20%程度の低減効果が現れており、動吸振器が有効に作用していることが分かった。

参考文献

- 1) 梶川康男・上中勝・服部幸雄：高架橋の振動制御と橋梁環境問題，振動制御コロキウム P A R T ・ B 講演論文集，pp.1-7，1991.7
- 2) 土木学会：構造物の振動制御，振動制御コロキウム P A R T ・ A，1991.7
- 3) Den Hartog, "Mechanical Vibration", McGRAW-HILL, 1947
- 4) 塩田正純，公害振動の予測手法，P99，井上書院，1986
- 5) 藤波健剛・山本鎮男：振り子とてこ機構を付与した動吸振器による制振（機構の原理と最適調整），日本機械学会論文集，C，57-538，pp1842-1847
- 6) 讃岐康博・梶川康男・岩津守昭・林秀侃・井関冶郎：動吸振器の制振効果に関する現地実験，振動制御コロキウム P A R T ・ B 講演論文集，pp.89-96，1991.7

（1993年 1月16日受付）