

3. Q & Aコーナー —歩行振動対策の考え方—

一般社団法人 日本音響材料協会

Q：建築設計者です。S造の事務所ビルを計画していますが、ロングスパン構造なので歩行振動で問題が起きないように振動対策を検討しておきたいと考えています。歩行なので床を防振ゴムや発泡材を用いた防振仕様しようと考えていますが大丈夫でしょうか？

A：歩行振動が問題になるのは、歩行者(振動源)と振動を感じる人(受振者)が同一フロアにいる場合がほとんどです。防振床は弾性体(バネ)で支持することによって躯体への振動の伝わり具合を小さくするという技術で(図1)、歩いている床面を揺れにくくする訳ではないので歩行振動の対策には不向きです。

S造、特にロングスパンの床では固有振動数が10 Hz以下になることも多く減衰比も小さいため、発生する歩行振動は、歩調の倍調波成分と床の固有振動数の共振時に特に大きな応答加速度となるのが特徴です。例えば固有振動数6.9 Hzの床で、毎秒2.3歩の歩調で歩いたとすると、歩調2.3 Hzの3倍調波がちょうど6.9 Hzとなり、共振で大きな揺れが発生します。通常の歩調はおおよそ1.7 Hz~2.3 Hzで、4倍調波程度までは床の固有振動数と共振しないか検討しておくべきでしょう。

従って、歩行振動対策でまず検討すべきは、梁せいを大きくしたり、スラブ厚を上げるなどして、構造体の剛性を上げ固有振動数をなるべく高くすることです。目安としては、通常考えられる(最も速い)歩調の4倍調波以上…なので $2.3 \text{ Hz} \times 4 = 9.2 \text{ Hz}$ 、おおよそ

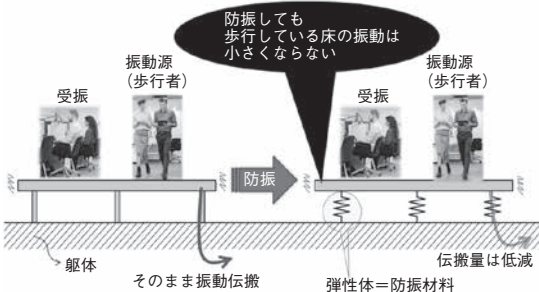


図1 防振床上で歩行振動が発生するモデル

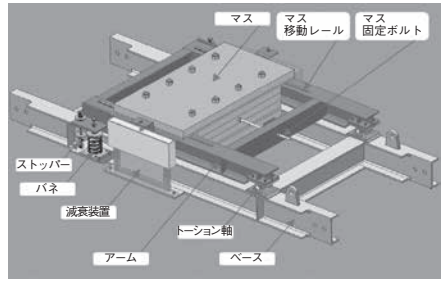


図2 床下(天井裏)に取り付けるTMD



写真1 床下(天井裏)に取り付けるTMDの設置写真

10 Hz以上とすれば倍調波による共振の影響は小さくなるでしょう。しかしながらロングスパンを確保しつつ剛性の高い床を実現するのが現実的でない場合もあります。そのような場合は、TMDやAMDなどの制振デバイスを取り付ける方法が効果的です。

構造解析や振動応答シミュレーションをして、予め歩行振動が問題になりそうだと分かっている場合は、床下(下階の天井裏)にTMDを設置することを設計段階で検討しておくのが有用です。図2にTMDの外観イラスト、写真1は実際に取り付け例で下階から天井を見上げて撮影しています。

図3にTMDの効果の実測例を示します。某S造オフィス(梁スパンおおよそ20 m)に1 tマスのTMDを設置し、制振しない場合と制振した場合で5人歩行による床応答加速度を測定した結果です。表1に示す日本建学会環境基準の評価レベルの説明に当てはめると、V-IV(やや気になる、やや不快である)からV-II(あまり気にならない、あまり不快ではない)評価レベルへ改善されました。

また、設計段階でTMDを設置していなかった建物において、竣工後に振動問題が発生し対策が必要になることもあります。例えば、用途変更でこれまで振動があっても気にならなかった場所を事務スペースとして使用し始めた、レイアウト変更で歩行者の導線が変わった、良く揺れるスラブ中央付近にデスクが配置さ

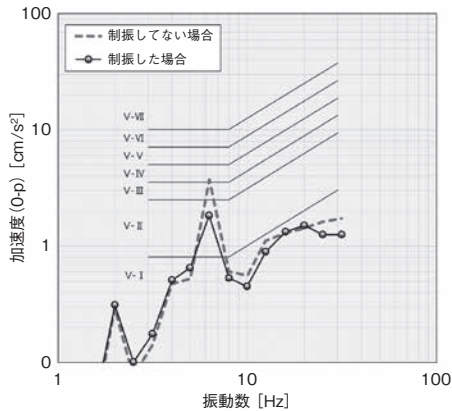


図3 TMDの効果実測例(5人歩行時)

表1 鉛直振動 評価レベルの説明

評価レベル	評価の観点	
	気になり具合	不快
V-VII	非常に気になる	かなり不快である
V-VI	かなり気になる	
V-V	やや気になる	やや不快である
V-IV		
V-III	あまり気にならない	あまり不快ではない
V-II		
V-I	ほとんど感じない	

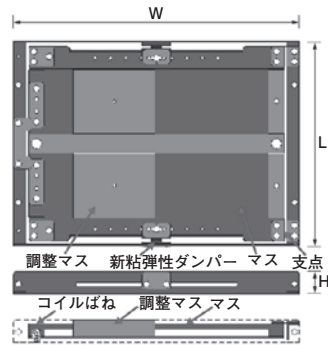
れた、などがきっかけで振動問題が表面化してきたというケースです。このような場合は、入居者がいる中で対策をする必要があります。ヤクモの超薄型制振装置(製品名:フロアメイト)は、OAフロア下に敷き込むだけで大規模な工事不要で歩行振動対策が可能です。フロアメイトはマス30 kgの小型のTMDです。図4にフロアメイトの外観と仕様、写真2は実際にOAフロアの下に設置した写真です。

フロアメイトによる効果例を図5に示します。築30年以上経過したRC造オフィスビルの床(大梁のスパン7.5 m×7.5 m, スラブ厚165 mm, 固有振動数7.3 Hz)で1人歩行時に10.3 galの振動が発生して問題となっていました。フロアメイト(9台)を設置することで、床応答加速度を約1/3まで低減し、V-VII(非常に気になる, かなり不快である)からV-III(やや気になる, あまり不快ではない)評価レベルへ改善されました。

ヤクモ株式会社のTMDやフロアメイト, AMDなどの制振デバイスについて、詳しくは下記webページの【製品情報】⇒【振動】からご覧ください。

ヤクモ株式会社ホームページ

<https://www.yacmo.co.jp/>



タイプ	サイズ [mm]			総重量 [kgf]	振動数範囲 [Hz]	減衰比 [%]
	幅 W	奥行 L	高さ H			
FM-30	560	400	44	35	約5~15	約2~10
FM-40			56			

図4 超薄型制振装置フロアメイト仕様



写真2 OAフロア下へのフロアメイト施工例

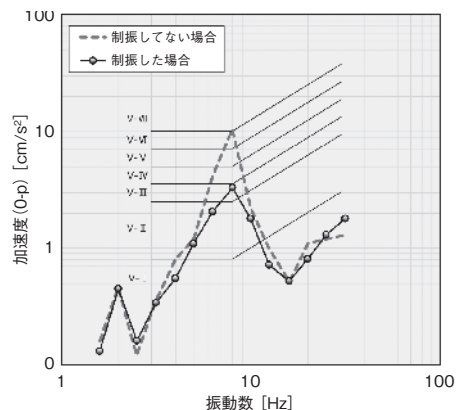


図5 フロアメイトの効果実測例(1人歩行時)

【参考文献】

- 1) 横山裕: 超高層建築物の環境振動問題 鉛直方向振動に対する対策と評価, 音響技術, No.191, pp.68-73, 2020.9
- 2) ヤクモ株式会社 超薄型制振装置フロアメイト 製品カタログ
- 3) 日本建築学会環境基準 AIJES-V0001-2018 建築物の振動に関する居住性能評価規準・同解説