

◇技術紹介 Technical Report

多様化するニーズに対応した
床振動簡易評価技術

Approximate Evaluation Technologies of
Floor Vibration for Quick Assessment of complaints

石川 理都子 Ritsuko Ishikawa
三輪田 吾郎 Goro Miwada
中村 充 Mitsuru Nakamura

1. はじめに

近年、オフィスビルや複合商業施設においても、従来より高い居住性能が要求されるようになり、歩行や運動、設備機器などによって生じる床振動の低減対策を検討する事例が増加している。

竣工後に床振動に関する問題が発生するリスクを低減するためには、設計段階で想定される外力による床振動を高精度に予測する必要があり、部材レベルの詳細モデルによる振動解析も一般化しつつある。一方で、設計の初期段階における居住性能の概算検討や、床振動クレーム発生時の迅速な状況把握のためには、より簡便なおおよその評価をすることが有効である。

後者の需要に応える技術として、鉄骨造建物を対象に、Fig. 1のように1スパン分の梁とスラブの諸元を入力して加振力を選択するだけで居住性能を簡易評価できる「床振動簡易評価システム」およびその他の関連技術について紹介する。

2. 床振動簡易評価システム

2.1 応答計算方法

床振動簡易評価システムでは、あらかじめ計算しておいた加振力の 1/3 オクターブバンド分析結果を外力として 1 自由度モデルの周波数応答計算を行うことにより、迅速な計算結果の表示を可能としている。1 自由度モデルの減衰定数は楡田の回帰式¹⁾、有効質量はスラブ質量の 1/4 とし、固有振動数は次節の方法で求めている。

2.2 固有振動数の評価

両端支持梁の固有振動数は、曲げ剛性 EI 、スパン長 L 、単位長さあたりの質量を ρ とすると、次式で表される。単純支持の場合は $\alpha=1$ 、固定支持の場合は $\alpha=1.5$ となる。

$$\omega = \left(\frac{\alpha\pi}{L}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho}} \quad (1)$$

「各種合成構造設計指針・同解説²⁾」には、Fig. 2に示す完全合成梁の有効等価断面二次モーメントが(2)式で示されている。

$$I = \frac{Bt}{n} \left\{ \frac{t^2}{12} + \left(x_n - \frac{t}{2}\right)^2 \right\} + I_s + A_s(d_s - x_n)^2 \quad (2)$$

ここで、 A_s と I_s は梁の断面積と断面二次モーメント、 n は鉄骨とコンクリートのヤング係数比で、コンクリー

トの種類にかかわらず 15 とされている

小梁の本数が 1~2 本の場合には、小梁の振動がスラブを介して平行する大梁により拘束されて見掛けの剛性が増加する効果を考慮するため、(3)式のようにスラブの寄与分を加えた改良式を考案し採用している³⁾。

$$\omega = \left(\frac{\alpha\pi}{L}\right)^2 \sqrt{\frac{E}{\rho} \left[I + \frac{Ll^3}{12n} \left(\frac{1.5}{\alpha}\right)^4 \left(\frac{L}{L_T}\right)^3 \right]} \quad (3)$$

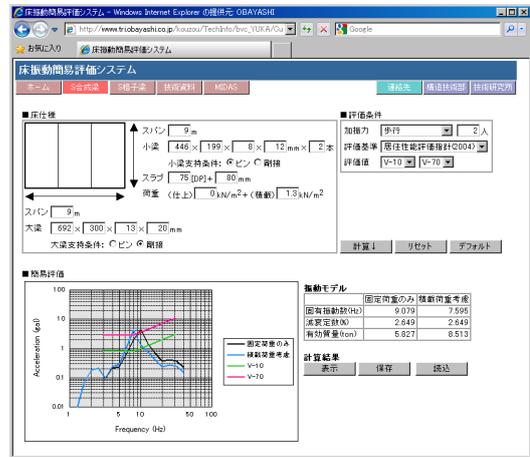


Fig. 1 床振動簡易評価システム
Approximate Evaluation of Floor Vibration

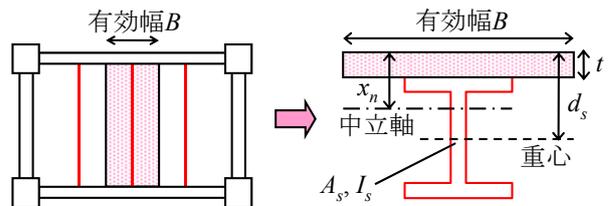


Fig. 2 合成梁の有効等価断面二次モーメント
Area Moment of Inertia of Composite Beam

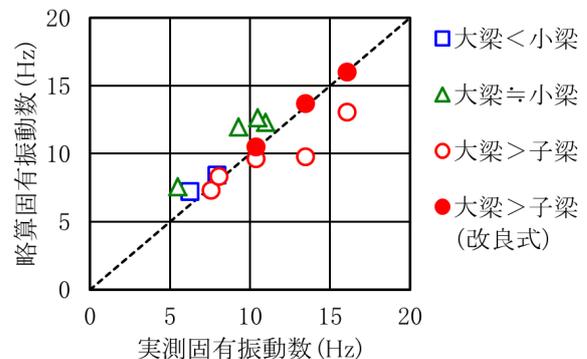


Fig. 3 実測固有振動数と略算結果の比較
Measured and Estimated Value of Natural Frequency

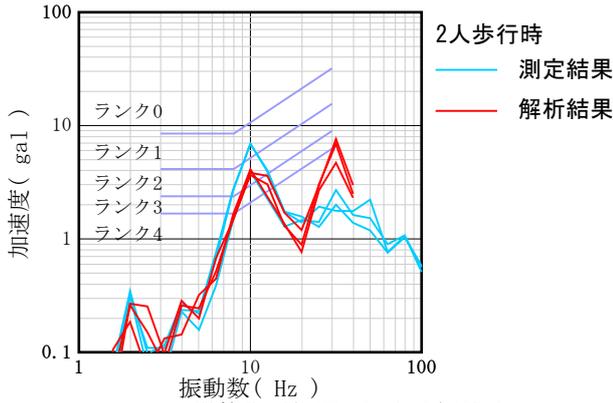


Fig. 4 逆算歩行加振力による解析例
Simulation Analysis of Floor Vibration
by Walking Load based on Measurement Data

鉄骨造の床スラブ 11 ケースについて、(1)式と(3)式で求めた固有振動数を実測結果と比較してFig. 3に示す。

小梁の固有振動数が低いもの(○)のうち小梁が2本の3 ケースでは、(1)式による結果は固有振動数を10~30%程度低く評価する傾向があるが、(3)式を採用することにより(●)、実測値とほぼ等しい固有振動数が得られている。

2.3 歩行加振力の評価

加振力の選択肢のうち最もよく使われる歩行加振力は、多数の歩行振動測定結果から平均的な加振力波形を逆算する手法⁴⁾で作成しており、Fig. 4の示すように実用上十分な精度であることを確認している。

3. その他の関連技術

3.1 設備機器振動予測ツール(Fig. 5)

設備機器による床振動に関しては、施工段階あるいはクレーム発生後に防振メーカー等が対応するケースが多く、通常の防振対策で振動を低減しきれず、スラブの補強や制振装置の導入などが必要となる場合もあった。

そこで、設備設計においても初期段階で振動の程度を予測し、床スラブの仕様変更を含む詳細検討の要否を判断できるように、防振仕様も考慮した簡易予測ツールを別途開発した。このツールでは、設備設計の実情に合わせて、予測結果の単位を振動加速度レベルとし、多数の機器や床の仕様をまとめて保存し任意に組み合わせ評価できる形式としている。

3.2 建屋内微振動予測クイックチャート(Fig. 6)

精密機械工場などでは、同一階の加振源機器から嫌振機器への微振動伝搬が問題となるケースが多いため、代表的な床組パターンについて詳細モデルによる応答解析を行い、加振力で基準化した振動加速度と水平方向の振動伝達率をまとめたクイックチャートを作成した。

加振源機器の加振力を用意し、クイックチャートから類似の床組パターンを参照すれば、加振源から離れた位

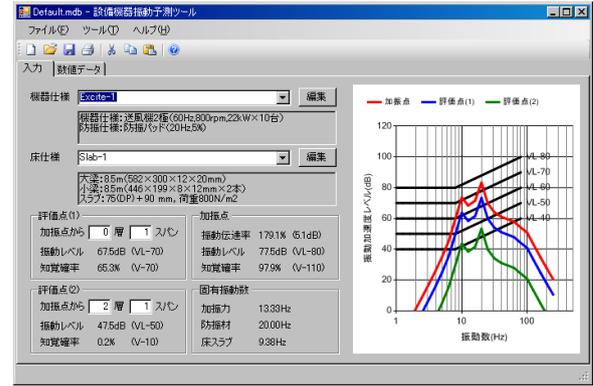


Fig. 5 設備機器振動予測ツール
Approximate Evaluation of Floor Vibration by Facilities

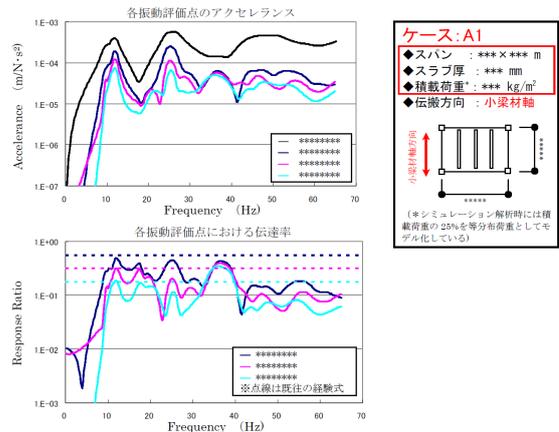


Fig. 6 建屋内微振動予測クイックチャート
Quick Chart of Transmitted Floor Vibration

置の振動量を把握できるため、嫌振機器の配置計画や除振対策を早期に検討することが可能となる。

また、床振動の詳細解析に用いる減衰定数については、一般的な指標が存在せず、解析結果のばらつき的重要因素となる。そこで、多数の実測結果から逆算した減衰定数を統計的に評価し、数種類の構造パラメータによる回帰式を作成している。

4. まとめ

本論は、簡便に床振動の概算予測ができる「床振動簡易評価システム」および関連技術について紹介した。これらのツールは、日常業務において、多様化するニーズに迅速に対応するために活用されている。

参考文献

- 1) 櫛田裕：環境工学振動入門，理工図書，(1997)
- 2) 日本建築学会：各種合成構造設計指針・解説，(1985)
- 3) 石川理都子：床上下振動の簡易予測手法に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.473~474，(2008)
- 4) 石川理都子，他：実測データに基づく歩行加振力評価手法の提案，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-1，pp.391~392，(2011)