

鉄道構造物を内包する高層ビルへの影響検討について

東日本旅客鉄道（株） 東京工事事務所 正会員 ○相馬 佑成

1. はじめに

当社では、鉄道構造物・駅を内包する建物（超高層ビル）の建設を計画している。そこで本稿では、駅部を走行する列車に起因する振動が建物へ与える影響を数値解析によって予測し、建物（超高層ビル）の居住性能を評価するとともに軌道構造の種類ごとに振動加速度を算出し、比較することで最適な構造を検討する。

2. 分析概要及び手順

本分析では建物や軌道の解析モデル、評価基準等の諸条件を設定したうえで、列車-軌道-構造物（建物）への複合的な振動系について、移動する列車と軌道-構造物の間の動的相互作用を考慮した列車走行振動解析を実施する。その後、列車走行振動解析により得られた建物上の評価点の加速度応答結果から加速度レベルを算出し、軌道による加速度レベルの違いを比較する。

本分析で検討した軌道構造である、バラスト軌道及びフローティングスラブ軌道のモデルイメージを図-1、図-2 に示す。フローティングスラブ軌道が振動低減に有効であると想定されることから、一般的なバラスト軌道との比較検討を実施した。

3. 諸条件の設定

3-1 建物情報について

本分析に用いる建物のフレームによるモデル範囲を図-3 に示す。約 150m の超高層ビルであり、軌道階（ホーム）を 1F に内包する構造となっている。そのため、軌道階の上階（2F）以下を骨組等でモデル化し、2F より上部はモデル化せずに 2F 柱脚反力を質量で設定する。そうすることで、出来るだけ簡素なモデル化による計算を行うものとする。解析用のモデルを作成するにあたり、節点の座標は建築構造設計の計算に使用された座標系を用いる。本分析では以下の 3 ケースについて検討するものとする。

ケース 1: バラスト軌道における軌道階の振動加速度レベルのオーダーを把握する。

ケース 2: 振動低減対策案としてフローティングスラブ
キーワード 振動解析, フローティングスラブ軌道

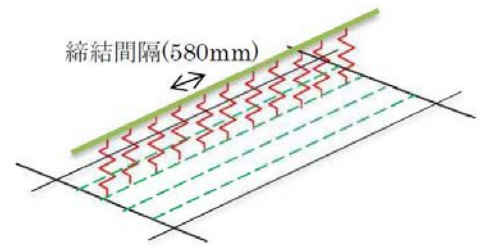


図-1: バラスト軌道モデルイメージ

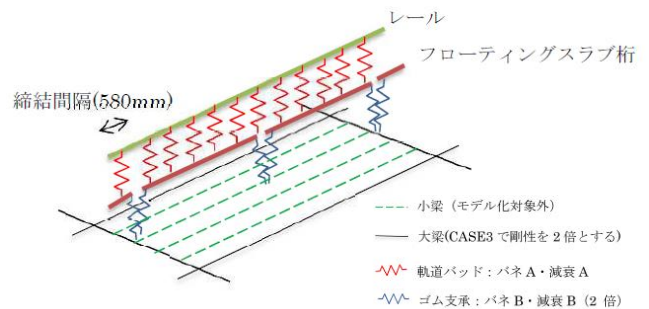


図-2: フローティングスラブ軌道モデルイメージ

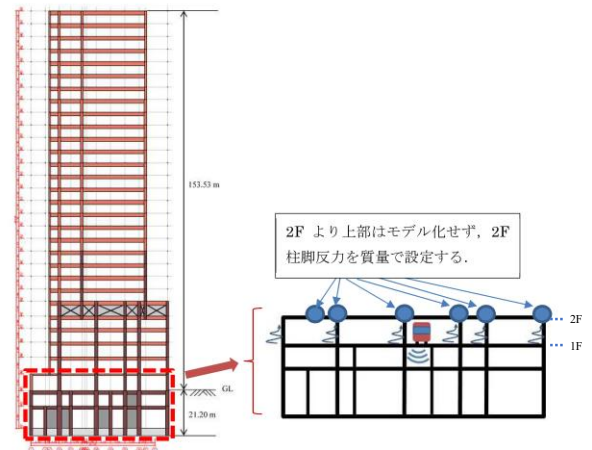


図-3: 建物のフレームによるモデル範囲

軌道を適用し、ケース 1 との相違の程度を把握する。

ケース 3: ケース 2 に対して、軌道階の大梁の剛性を 30%アップ、軌道下に小梁を 1 本追加して床の剛性を 13%アップし、ケース 2 との相違の程度を把握する。（図-4）

3-2 評価基準について

評価基準は、建築物の振動に関する居住性能評価指

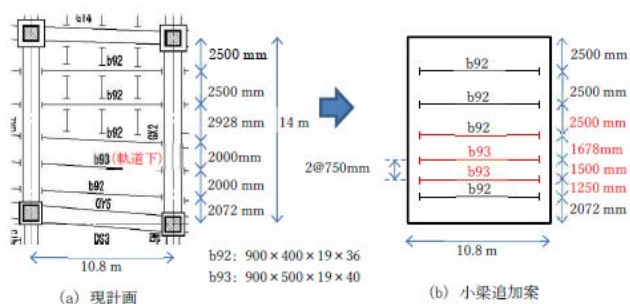


図4：ケース3の小梁追加案の構造について

針・同解説)を参照する。評価基準は対象建物の用途により異なるが、本検討では一般のビルと同程度の居住性を確保するため、評価基準を V-I (ほとんど感じない) とした。

4. 列車走行振動分析

本分析では、サブストラクチャー法による動的相互作用を考慮できる走行振動シミュレーションソフトウェア「DALIA ((株) 構造計画研究所製)」を使用する。解析の諸条件を以下のように設定する。評価値は軌道上のすべての各柱脚下端及び、考察に必要な数か所の主要な梁位置の鉛直加速度を用いて、1/3 オクターブバンドパスフィルター処理後、振動加速度レベルを算出する。なお、軌道階柱脚の応答加速については 200Hz 程度まで算出するが、低振動数の方がより人間が感知しやすいことから、本分析では 3~30Hz の周波数帯の騒音に対する評価検討を行うものとする。また、部材減衰定数は RC・SRC 部材とし、検討振動数範囲 30Hz 以下において 1%前後となるレーリー減衰を設定する。

照査範囲 (3Hz~30Hz) の各オクターブ中心における最大値を軌道階の全節点と 1F 柱下の節点に着目して分析を実施した。各ケースにおける解析結果を重ね合わせたものを図-5、図-6 に示す。すべてのケースで軌道直下近傍節点の最大値は評価基準の V-I を超える結果となっているが、1F (軌道階) 柱下の節点のみの最大値は評価基準 V-I を超えない結果となった。また、ケース 3 について、大梁の剛性アップと小梁追加による振動抑制効果を期待していたが、分析の結果から照査範囲 (3Hz~30Hz) における顕著な効果は見られなかった。

バラスト軌道の結果と比較して、フローティングスラブ軌道では 10Hz 未満の帯域において振動低減効果が見込まれるが、10Hz 以上ではバラスト軌道の方が加速度が小さい。これはフローティングスラブに共振現象が生じ、振動が大きくなるためと考えられる。

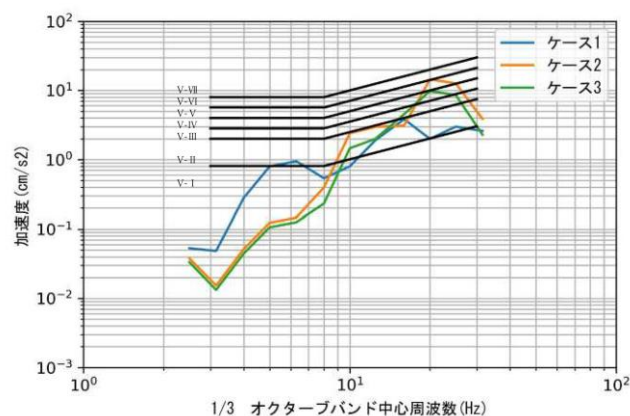


図5：評価比較結果（軌道階全節点）

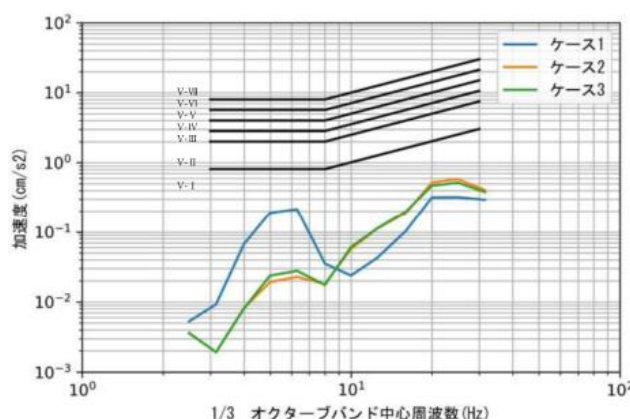


図6：評価比較結果（1F 柱下の節点のみ）

5. おわりに

本稿では、鉄道構造物を内包する高層ビルにおいて、駅部を走行する列車に起因する振動が建物へ与える影響を数値解析によって予測し、建物の居住性能の評価を実施した。

今後の課題として、本分析はより人間が感知しやすい低振動帯である 3~30Hz を評価対象としたが、今回分析対象外であった高振動数帯における固体音の影響に関する対策が必要である。10Hz 未満の周波数域では、フローティングスラブ軌道が振動低減において有効であることを確認した。一方で 10Hz 以上の周波数域においてはフローティングスラブの共振現象により振動が大きくなる可能性が示唆された。今後はフローティングスラブの桁剛性やゴム支承の弾性等のパラメータを考慮し、解析することでさらに振動低減が可能な構造の検討が必要である。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説，2018。