

地下鉄軌道に近接した建物の固体伝搬音対策に関する研究
その1 研究対象とした建物の概要と振動対策

正会員 ○北川 督*1
同 大嶋 隆*1
同 阿部 隆之*2

地下鉄振動 固体伝搬音 振動対策

1. はじめに

地下鉄軌道に近接して建物が計画される場合、地下鉄からの固体伝搬音対策が課題となる。こうした地下鉄騒音問題では、31.5~125Hz 帯域の振動が建物内を伝搬するため予測評価が難しい。

今回、地下鉄騒音の大きい建物の建替計画に際し、建物解体前に建物内の振動・騒音調査を行い、新築建物における地下鉄振動の対策を行ったので、その効果について報告する。

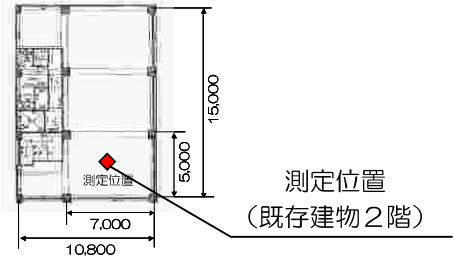
本編では、既存建物における地下鉄騒音と、計画建物に対しての振動対策の概要について述べる。その2では、実施した振動対策の効果について述べる。

2. 既存建物の概要と地下鉄騒音

当該敷地は地下鉄に近接した敷地である(図1)。地下鉄軌道と既存建物とは、図2に示すように最短で約5mの至近距離に位置している。また、既存建物より約2mの位置に換気塔が位置している。地下鉄軌道は当該敷地周辺において下りに差し掛かり、カーブが最もきつくなる。更にレールの表面状態も良好とは言えず、大きな振動・騒音が発生する場所と考えられている。既存建物はSRC造9階建であり、杭については各柱の下に径がφ350の既成杭が5~7本打わず配置されていた。また、既存建物は1階が駐車場で、2階から上が事務所として使用されていた。

既存建物2階で測定した地下鉄騒音の結果を図3に示す。図3は夕方時間帯に走行した列車10本のエネルギー平均をプロットしたものである(Fast,レーク値)。地下鉄走

行時の2階事務室における騒音評価は図3に示すように暗騒音がNC35程度であるのに対して、地下鉄が走行するとNC65程度となり、執務空間として過大な騒音が発生していた事が分かった。



測定位置
(既存建物2階)

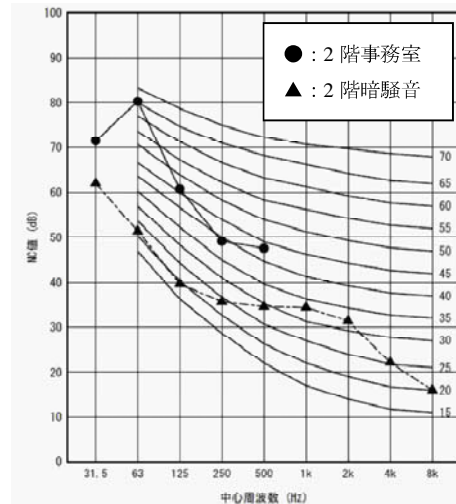


図3 既存建物の地下鉄騒音



図1 地下鉄と建物との関係 (平面図)

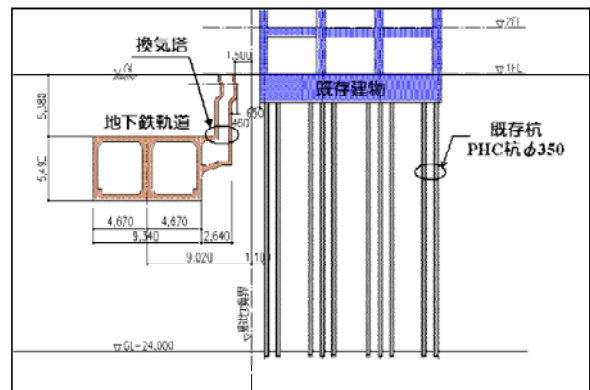


図2 地下鉄と建物との関係 (断面図)

3. 既存建物の床振動

既存建物の地下鉄軌道に近い側の2階から上の床スラブは7m×5mのスパンで、スラブ厚さが150mmであり、小梁を有していない。2階床振動については、この床スラブの中央付近に振動加速度計を設置し、地下鉄通過時の振動加速度レベルを測定した(ピックアップ：リオン PV87、チャージアンプ：BK2635)。振動測定についても騒音測定と同じように10本の列車が走行した時のエネルギー平均を求めた。その結果を表1に示す。

床の振動についても騒音の測定結果と同じように63Hz成分が卓越していた。なお、31.5Hz未満の振動は顕著に現われず、体感的にも知覚されなかった。

表1 2階床の振動加速度レベル

周波数	31.5Hz	63Hz	125Hz
振動加速度レベル	66dB	78dB	70dB

4. 新築建物における対策と騒音目標値

1) 振動から室内騒音の予測

新築建物の対策に際して、先ず、振動対策の効果を見積もる必要がある。建物内に伝搬した地下鉄振動を拡散場と仮定して、以下の計算式で音圧レベルを算出することができる。ここでは、実測した床振動からいくつかの仮定を用いて室内の音圧レベルを計算した。ただし床スラブの振動に関する卓越周波数は63Hz成分であるため、振動対策の効果についても63Hzを主として検討する。計算では安全側の検討を行うため放射面積は室内全面と考え、躯体の放射係数については63Hzで $k=0.1$ 、室内平均吸音率は0.1、として計算した^{*1)}。

$$SPLs = La + 10 \log_{10}(S/A) - 20 \log_{10} f + 10 \log_{10} k + 36$$

ここでSPLs:内装各部位からの放射音(dB)、k:放射係数、La:躯体各部位の振動加速度レベル(dB)、f:周波数(Hz)、S:各部位の面積(m²)、A:室内吸音力(m²)

63Hzでの計算結果は音圧レベルが78dBとなり、実測結果の81dBと概ね対応した。この結果から、地下鉄振動の63Hz成分を低減させる対策を検討すれば、新築建物の室内騒音は低減されると考えられた。

2) 騒音目標値

新築建物はS造であり、2階から上が事務所スペースとして計画されており、地下鉄騒音の問題が懸念された。既存建物では2階事務所において、NC65の騒音が発生しており、新築建物の騒音目標を設定するにあたって、類似建物の騒音調査や建築主との話合いから、NC45程度を地下鉄騒音の目標とした。したがって、63Hz成分については地下鉄振動を20dB以上低減させることが必要であると考えられた。

5. 振動低減対策の検討

地下鉄振動の対策には周辺地盤と建物との間に緩衝材を入れて振動低減を図ることが有効である。こうした地下鉄振動対策の緩衝材には、いくつかの材料が提案されている。今回は、最近多用されつつあり効果も比較的得られている発泡ポリエチレン材を採用した。この材料は比較的大きな荷重にもバネ材として作用する上、他の材料と比較して軽く耐水性もあるため、施工性も良いという利点がある。

地下鉄振動の緩衝材による低減効果の検討方法については一質点系の伝達率や境界面に波が垂直に入射する際の波動インピーダンス比に基づく方法などが提案されている。今回の検討では、計算における与条件が比較的そろっている波動インピーダンス比からの計算法とした。地下鉄軌道から発生した振動は、図4に示すように地盤から緩衝材を介して建物躯体へと到る。波動インピーダンス比の計算方法については文献^{*2)}に示されており、発泡ポリエチレン材(厚さH50mm)の波動速度V₂は335m/s、密度ρ₂は80kg/m³として63Hzの振動低減量を求めると約-18dBとなる。今回の緩衝材の施工範囲は、杭を除く土に接する箇所全て(基礎底面及び地中躯体外周部)とした。

また、今回計画される建物はS造であり既存建物がSRC造であったことを考えると、地下鉄振動が柱を伝搬する過程で既存建物より大きくなることも予想される。こうした理由から、鉄骨柱の中にコンクリートを充填して振動を抑える対策^{*3)}も実施している。なお、既存建物では床スラブについて小梁が配置されていなかったが、今回の計画では、床スラブでの振動増幅を抑えるため効果的な小梁配置を計画し、緩衝材による効果が最大限に発揮できるような構造計画を考えた。

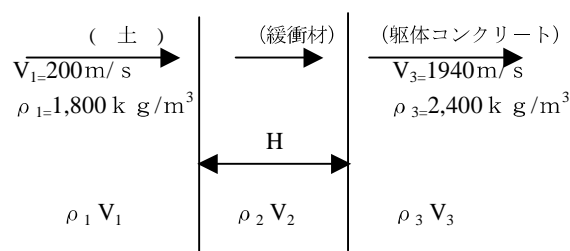


図4 緩衝材による振動絶縁層

<参考文献>

- 1) 莊他「吊り免振工法による鉄道高架下建物に関する研究(その5)騒音予測結果と実測結果」日本建築学会学術講演梗概集2004.8
- 2) 山原浩著「環境保全のための防振設計」彰国社 p. 359-365
- 3) 吉田宏一他「鋼管柱充填による鉄道振動低減方法に関する研究(その1)実物大単柱試験および解析検討」日本建築学会学術講演梗概集2008.9)

*1 榎竹中工務店 東京本店設計部

*2 榎竹中工務店 技術研究所

*1 Building Design Dept, Takenaka Corporation

*2 R&D Institute, Takenaka Corporation

地下鉄軌道に近接した建物の固体伝搬音対策に関する研究
その2 振動低減効果と騒音評価

正会員 ○阿部 隆之*1
同 大嶋 隆*2
同 北川 督*2

地下鉄振動 固体伝搬音 振動対策

1. はじめに

地下鉄軌道に近接した建物において良好な居住環境を確保するためには、地下鉄からの固体伝搬音をいかに低減できるかが課題となる。前報では既存建物における振動伝搬状況と新築建物での対策検討について報告した。

本報では、対策を実施した建物についての施工途中における振動の伝搬状況と建物完成時の地下鉄騒音の測定結果について述べる。

2. 敷地における地下鉄振動の伝搬

当該敷地における地下鉄振動の伝搬状況を把握するため既存建物を解体し杭を新設した時点において軌道側山留壁と新設した杭頭における地下鉄振動の測定を実施した(測定部位：↓印)。ピックアップ(リソ:PV87)については図1に示すように山留壁と杭頭に固定し(チャージアップ: BK2635)、地下鉄走行時の振動を実時間周波数分析器(リソ:SA30)により分析した。測定結果の周波数特性を図2に示すが、これらのデータは通過列車10本のエネルギー平均値(Fast,ピーク値)をプロットしたものである。図2の結果から、地下鉄通過時の振動は杭頭より軌道に近い山留壁の方が概して大きいことがわかる。特に、地下鉄通過時の63Hz帯域については山留壁の方が杭頭より10dB程度大きいため、山留壁を緩衝材で縁を切ることで振動低減効果が期待できると考えられる。

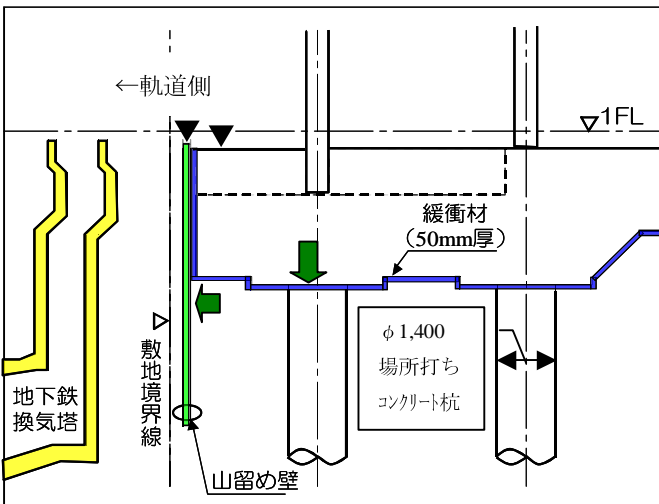


図1 地下部分の建物断面と振動測定部位

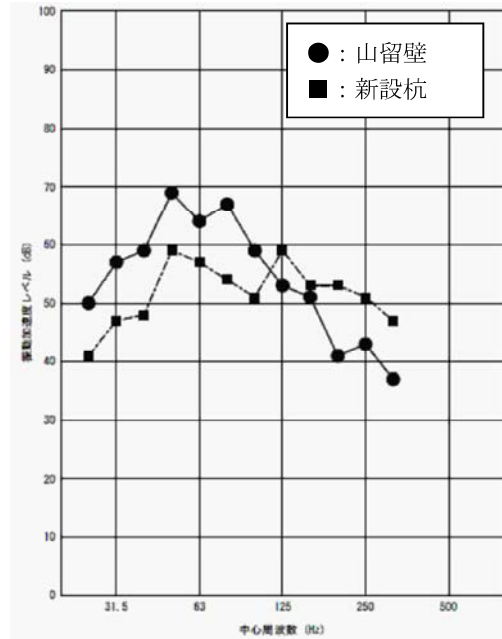


図2 山留壁および杭頭の周波数特性

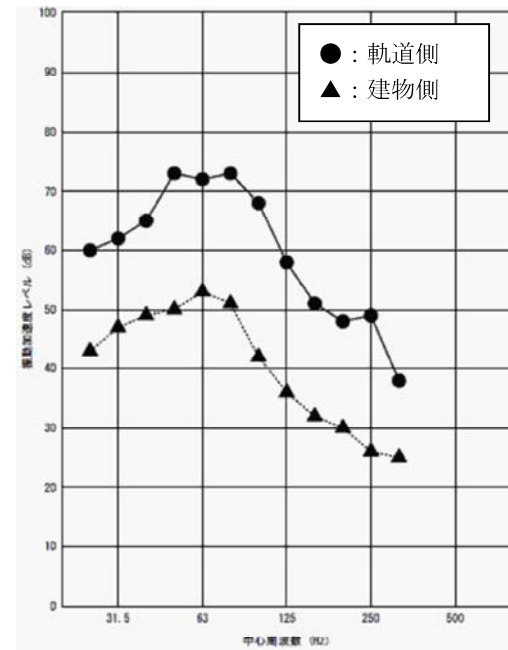


図3 緩衝材の振動低減効果

Study on Structure-borne sound Reduction of the Building nearby Underground Railroad

Part 2 Evaluation of the effect of reduction in vibration and noise

ABE Takayuki, OHSHIMA Takashi, KITAGAWA Osamu

3. 緩衝材の効果

建物躯体が完成した時点において緩衝材を挟んでどの程度振動が低減されているかを測定により確認した。測定点は図 1 に示しているが(測定部位：▼印)、建物外周の施工では山留壁との間の振動ブリッジを回避するため、セパレータは使用していない。地下鉄振動の測定結果では他の測定と同様、通過列車 10 本のエネルギー平均(個々の列車は Fast, peak 値で測定)で周波数特性を図 3 に示している。軌道側の測定点は道路に面しており地下鉄振動に加えて自動車振動の影響も受けていると思われるが、63Hz 帯域では 20dB 程度の振動低減効果が認められた。

4. 新築建物における測定結果

1) 床振動について

建物竣工時に地下鉄通過時の床振動を測定した。床振動については図 4 に示すように既存建物および新築建物とも軌道に近い 2 階床を測定している。測定結果の周波数特性を図 5 に比較して示すが、測定した場所は既存、新築とも振動が大きくなると想定されるスパン中央であり通過列車 10 本のエネルギー平均を表示している。図 5 の結果より、63Hz 帯域については床振動において 20dB 程度低減したことがわかる。

なお、31.5Hz 未満の周波数帯域については表示していないが体感振動領域ではほとんど影響が見られず体感的にも知覚されなかった。

2) 騒音について

図 6 に 2 階事務室内における騒音測定結果を示す。竣工時の測定では間仕切り壁などはない状況での測定であったが、測定結果は NC40 程度となった。

5. まとめ

地下鉄に近接した事務所ビルの計画において、その 1 では既存建物の振動、騒音調査から新築建物における振動低減対策を検討し、その 2 では新築建物での振動、騒音の低減効果を測定し設計目標を達成したことを報告した。

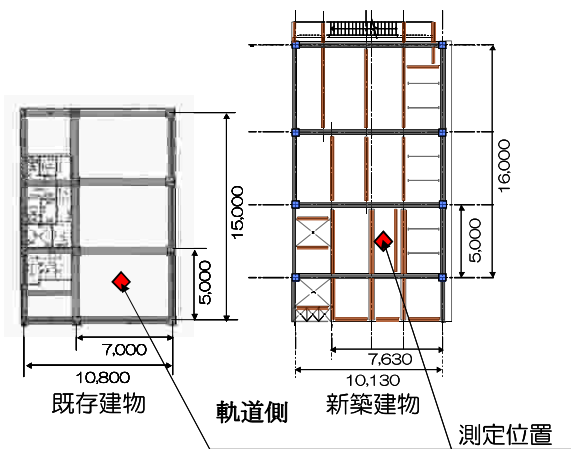


図 4 2 階床の測定点

こうした地下鉄騒音の対策についてはいまだ計算法も確立されていないため対策法とその実測データの蓄積が重要であると考え。今後も予測法の精度向上が課題であると考え。

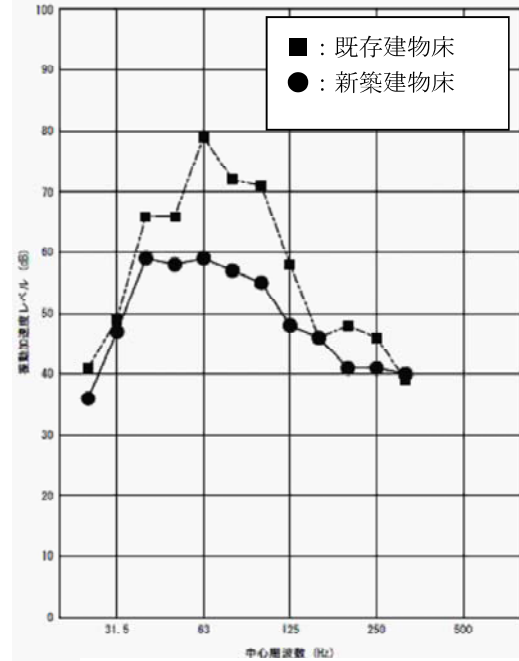


図 5 2 階事務室内床振動の比較

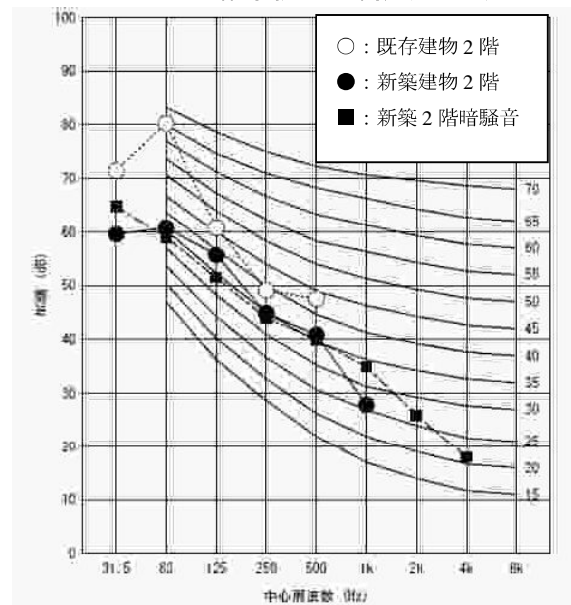


図 6 2 階事務室内における地下鉄騒音の評価

<参考文献>

- 1) 大迫勝彦「鉄道高架下建築物の防振防音構工法に関する研究」学位論文 2001. 11
- 2) 荘他「吊り免振工法による鉄道高架下建物に関する研究(その 5)騒音予測結果と実測結果」日本建築学会学術講演梗概集 2004. 8)

* 1 ㈱竹中工務店 技術研究所

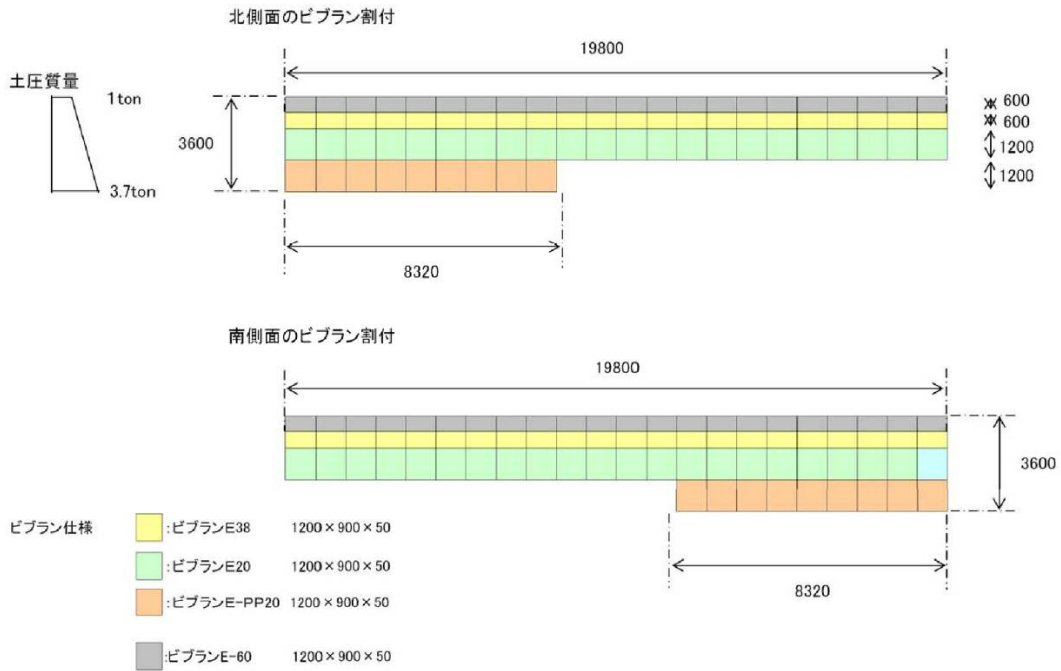
* 2 ㈱竹中工務店 東京本店設計部

* 1 R&D Institute, Takenaka Corporation

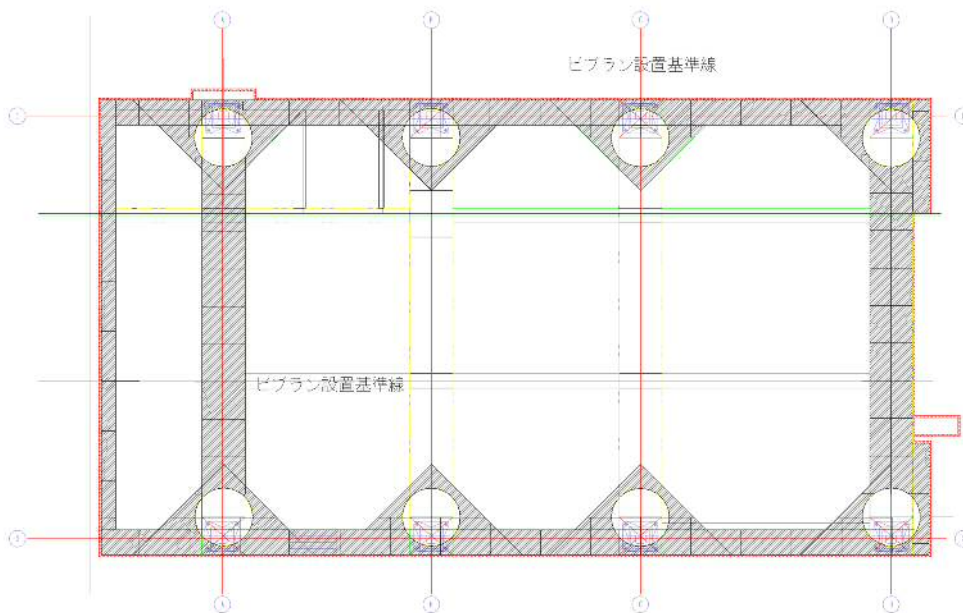
* 2 Building Design Dept, Takenaka Corporation

ビラン選定図

建物側面



建物底面



施工写真

