

# 地下鉄振動の伝搬性状に関する研究（その4）

—地下鉄構築直上の建物における地下鉄固体伝搬音対策—

縄岡 好 人      平 野      滋  
吉 原 醇 一      安 井      讓

## Propagation Properties of Subway-induced Vibration (Part 4)

—A Design for the Control of Subway-induced Structure-borne Sound  
in a Building above an Existing Subway—

Yoshihito Nawaoka      Shigeru Hirano  
Jun-ichi Yoshihara      Yuzuru Yasui

### Abstract

A new office building was proposed to be constructed above an existing subway. In such a case, structure-borne sound from the subway might prevent occupants from enjoying a comfortable work environment. For controlling structure-borne sound, foundation girders were designed to cross over the subway and the soil under them was removed for isolation of vibration from the subway.

Measurements of noise inside the building were made after construction. The results show that the design is useful for controlling structure-borne sound and the noise is reduced more than 10 to 15 dB(A) from the normal level.

### 概 要

この報告は、平成5年10月に竣工した事務所ビルにおける地下鉄固体伝搬音の対策について述べたものである。このビルは地下鉄構築の直上に建設されることから、地下鉄走行時に発生する固体伝搬音によって執務環境が劣化することが予想された。そのため、杭の上に地下鉄をまたぐ形で大型のSRCの地中梁を架け、地中梁と地盤との間に空隙を設ける工法（ブリッジ工法）を採用し、固体伝搬音の低減を図った。竣工後の固体伝搬音の測定値は、28～34 dB(A)前後と、同じ立地条件にあるほかのビル内の居室におけるレベルよりも10～15dB(A)程度小さい値が得られ、事務所ビルとして業務に支障のない環境が確保できた。

## 1. はじめに

近年、都市部においては、都市の過密化に伴い、鉄道や地下鉄構築に沿って建物が計画されることが増えてきている。そのため、電車が走行する時に発生する振動が建物内に伝搬し、その振動によって二次的に励起される固体伝搬音問題が生じる場合もある。

建物を設計するにあたっては、これらの固体伝搬音の影響を事前に予測し、適切な対策について検討する必要がある。

前報<sup>1)~3)</sup>では、地下鉄振動・固体伝搬音の伝搬性状に関する予測手法について報告してきた。

この報告では、平成5年10月に竣工した事務所ビルにおける地下鉄固体伝搬音の対策について述べる。このビルは地下鉄構築の直上に建設されることから、地下鉄走行時に発生する固体伝搬音によって執務環境が劣化することが予想されたので、地中梁と地盤との間に空隙を設ける工法を採用し、固体伝搬音の低減を図った。

## 2. 建物概要

建物は地下2階、地上8階の事務所ビルであり、建物構造は、地下部がRC造、地上部がS造で計画されている。

図-1に示すように、敷地の地下60cmに地下鉄丸の内線の構築があり、敷地の北側はJR中央線に隣接している。

## 3. 対策検討のための事前調査

### 3.1 固体伝搬音の許容レベル設定のための調査

事務室における地下鉄からの固体伝搬音レベルの許容値を設定するにあたっては、同様な立地条件にある事務所ビル内の会議室において、地下鉄走行時の固体伝搬音の状況調査を行い、特に対策をしない場合には45～50 dB(A)となること、およびそのレベルの聴感的な大きさを把握した。

事務室における固体伝搬音レベルの許容値は、これらの聴感上の印象と電車固体音が間欠的な騒音であることを考慮して、最大値で40 dB(A)以下を目標とした。

### 3.2 電車走行時の振動加速度調査

地下鉄丸の内線およびJR中央線の電車走行時に生ずる振動・固体伝搬音の居室に及ぼす影響と、その影響を低減するための対策を検討する目的で振動加速度の調査測定を行った。

測定点は地下鉄構築の直上およびその周辺に4点選び、それぞれについて3方向の振動加速度を測定した。3方向は、建屋長手方向をX、建屋短手方向をY、鉛直方向をZで表すものとする。

図-2, 3は、地下鉄構築から2m横の測定点(杭の位置に相当する)における電車通過時のXおよびZ方向の振動加速度波形を1/3オクターブバンドで分析した結果である。データは、新宿方面行き電車、池袋方面行き電車およびJR線それぞれについて、測定した電車の中で加速度レベルが大きい電車5台のレベル幅を示している。

測定結果から以下のことが推察される。鉛直方向の振動は水平方向の振動よりも大きい。鉛直方向の振動加速度レベルの卓越周波数は31.5~80 Hzにある。電車別では、測定点に最寄りの軌道である新宿方面行きの電車通過時が最も大きく卓越周波数における振動加速度レベルは65 dB前後となり、JR中央線通過時は50 dB前後である。

### 4. 固体伝搬音の予測と対策の検討

建物各階執務室における地下鉄固体伝搬音の影響および対策について検討するために、固体伝搬音レベルの予測を行った。予測には、前報<sup>2)</sup>で述べた予測システムを用いた。

建物は、図-4に示すように、代表柱に関する各階1質点の多質点系モデルで建物をモデル化し、振動の建物内伝搬のシミュレーションを行った。モデルの自由度は上下方向の1自由度であり、剛性は柱の軸剛性のみを考慮の対象とし、基礎は1階柱脚部で固定とした。

スラブは、図-5に示すスラブ1スパン分を、柱脚部固定とし、合成スラブは等価厚124 cmのコンクリート

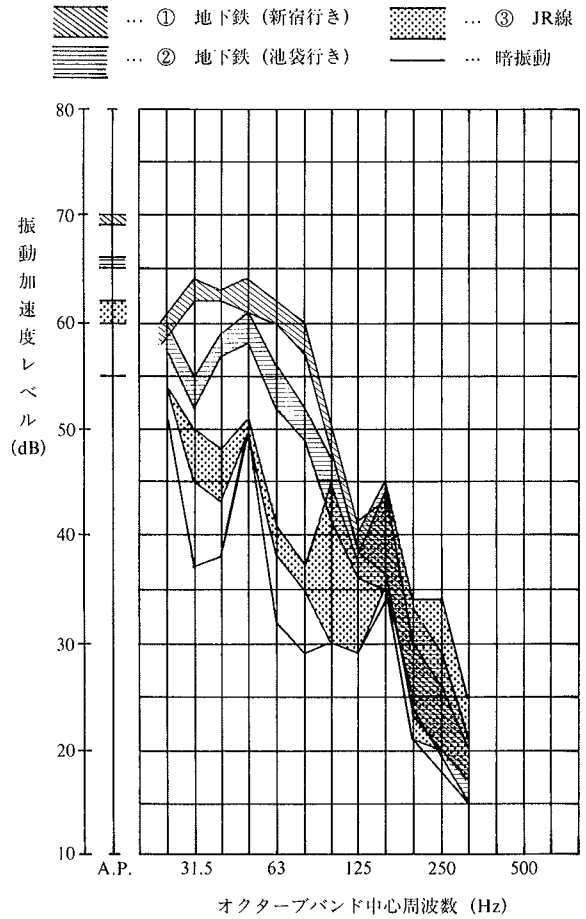


図-2 地表面の振動加速度レベル (X方向)

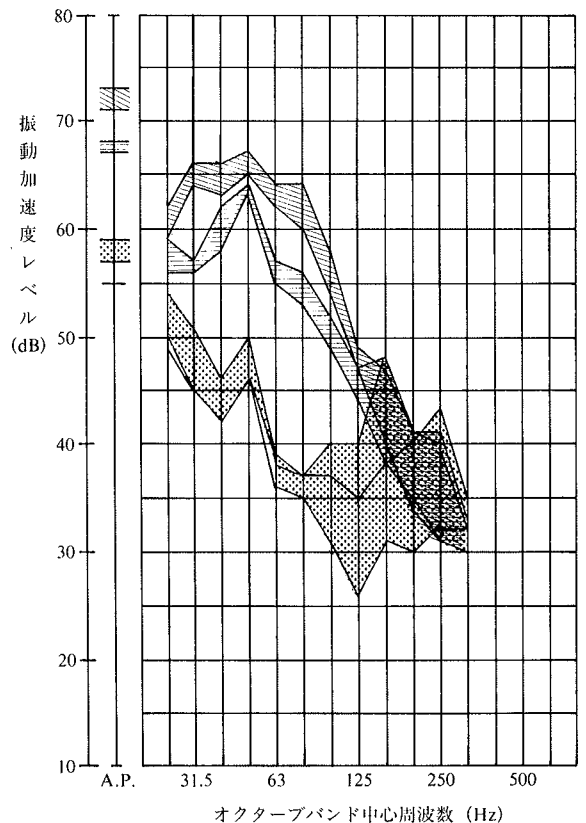


図-3 地表面の振動加速度レベル (Z方向)

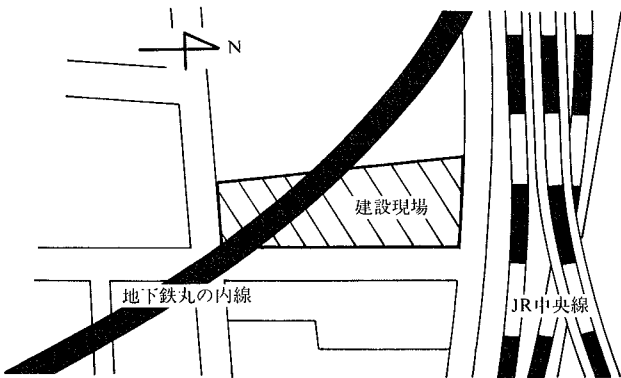


図-1 敷地周辺の状況

スラブとみなしシェル要素でモデル化し、鉄骨梁はビーム要素でモデル化して、スラブによる振動増幅・固体伝搬音放射のシミュレーションを行った。要素数は全体で145である。

建物モデルに対する地下鉄振動の入力波形は、地表面の振動加速度の実測値から、地盤から建物への入力損失効果を差し引いた波形とした。地表面の振動加速度波形は、前章で示した地下鉄構築から2m横の測定点でのZ方向に関する5電車の実測値の最大波形とした。

図-6に地下鉄振動の入力波形を示す。

地下鉄固体伝搬音対策に考慮しないで施工した場合について、地下鉄固体伝搬音の予測を行った。地盤から建物への入力損失効果は、対策なしの場合は、底盤が地盤と接しているため、計算モデル上ベタ基礎で建設された建物に関する入力損失の実測結果を用いた。

対策なしで建設した3階事務室内の固体伝搬音レベルは、52 dB (A) と予測された。この値は、設計目標値 40 dB (A) 以下を満足していないので、固体伝搬音対策として、述べるようなブリッジ工法を採用することとした。

地下鉄直上に建設される建物は、地下30mの支持層まで打設したベト杭の上に、地下鉄をまたぐ形で架けたSRCの地中梁の上に支持し、地下鉄構築の端から15m以内の地中梁については、地中梁のコンクリートを打設しコンクリート強度発現後に土をすき取り、地中梁と地盤との間に空隙を設けた。最低土かぶりを残す必要上空気層を確保できない部位には、防振材として発泡ウレタンゴムを、梁底には厚さ25mmを2層、梁立ち上がり部には厚さ25mmを1層張り付けた。

図-7に地盤から建物への入力損失効果の、ベタ基礎の場合とブリッジ工法の場合の比較を示す。

ブリッジ工法で施工した場合の3階事務室内の固体伝搬音レベルは、38 dB (A) と予測された。

図-8に地下鉄固体伝搬音対策計画図を示す。

### 6. 竣工後の確認測定

建物竣工後の各階執務室における地下鉄固体伝搬音の測定結果を図-9に示す。各階執務室における固体伝搬音レベルは28~34 dB (A) となっており、設計目標値 40 dB (A) 以下を満足している。

図-10は、3階居室における固体伝搬音の1/3オクターブバンドレベルについて実測値と予測値を比較したものである。予測値は実測値よりも大きめの評価となっているが、全体的な傾向はよく対応している。



図-6 地下鉄振動の入力波形

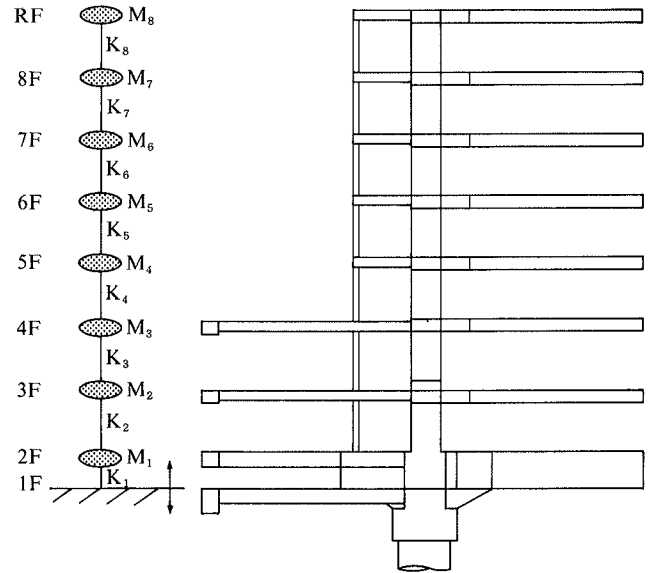


図-4 建屋モデル図

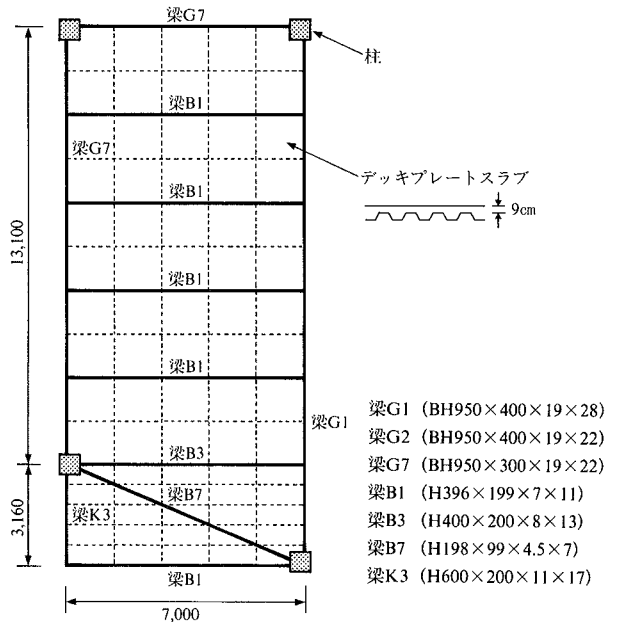


図-5 スラブモデル図

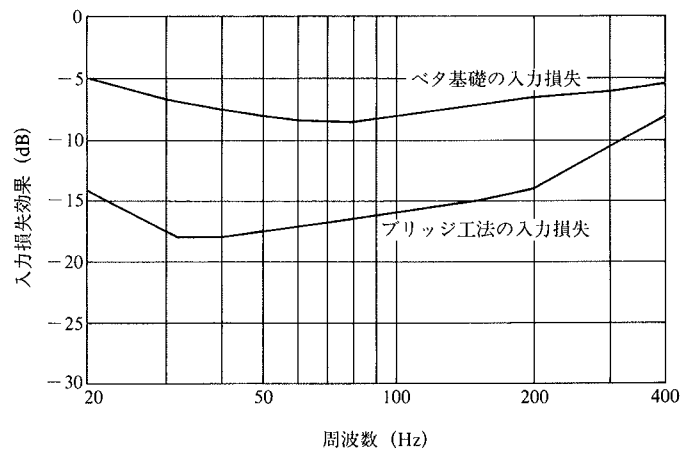
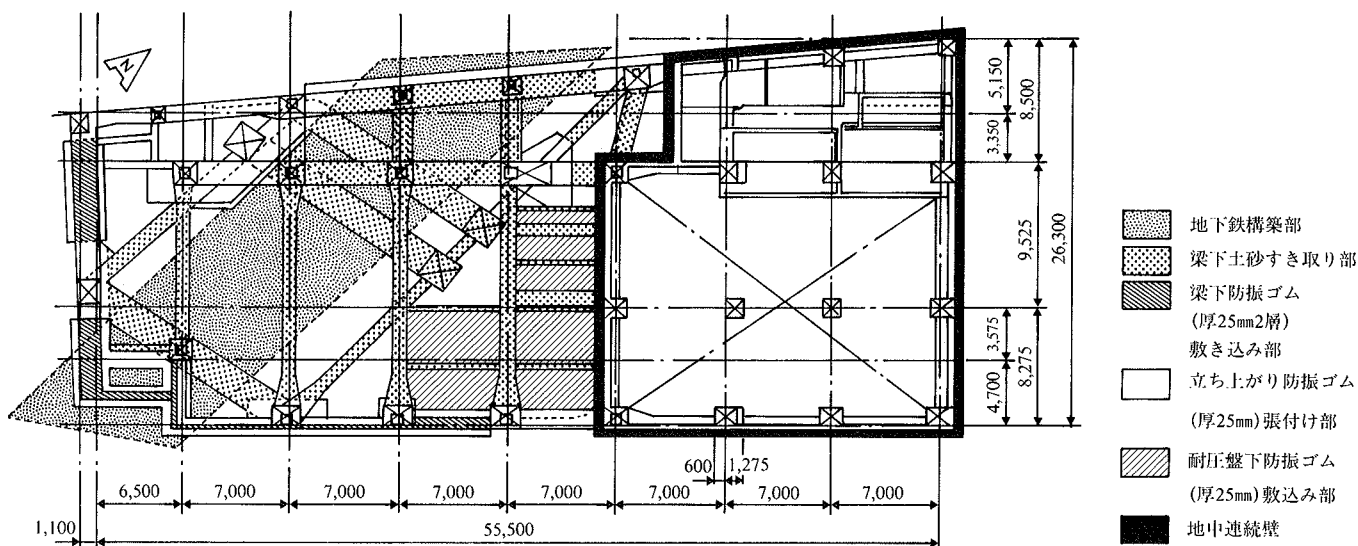
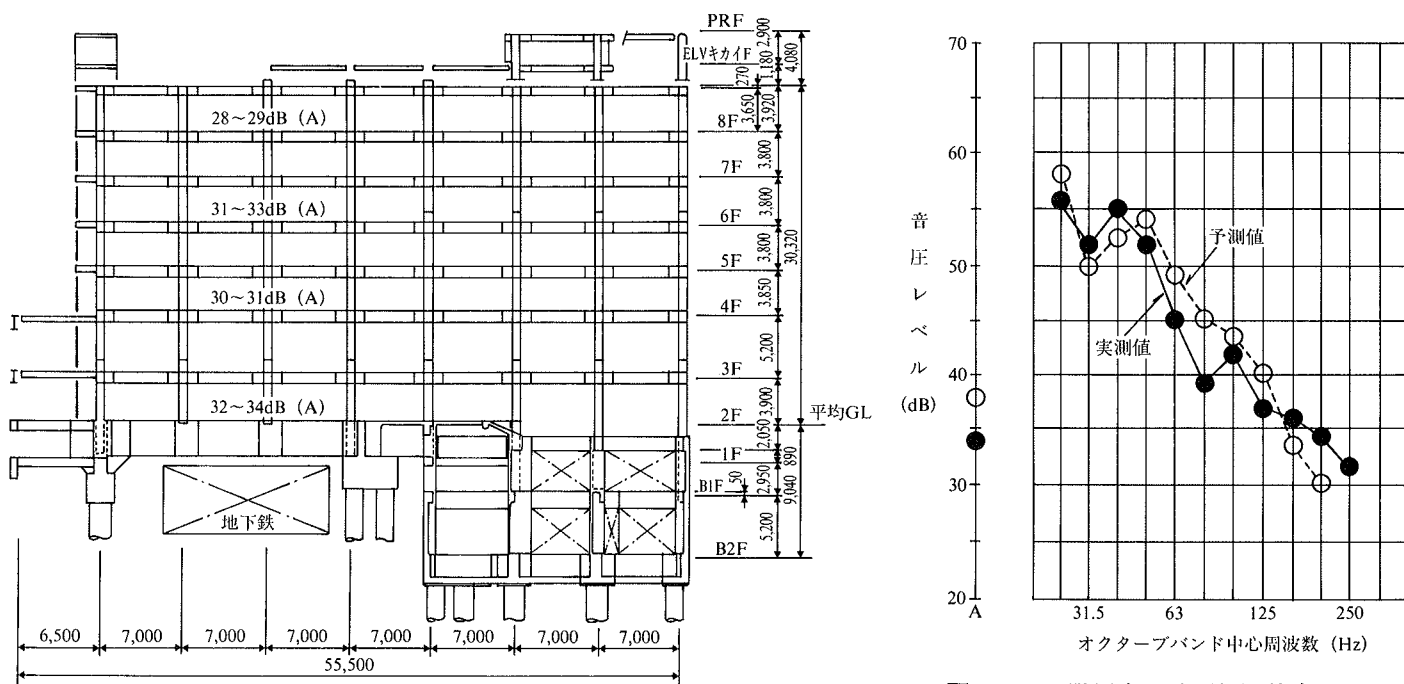


図-7 ベタ基礎とブリッジ工法の入力損失比較



図一8 地下鉄固体伝搬音対策計画図



図一9 竣工後の各階の地下鉄固体伝搬音レベル

## 7. おわりに

この報告では、地下鉄構築の直上に建設されるビルにおけるブリッジ工法による地下鉄固体伝搬音の対策効果について述べた。

ブリッジ工法による地下鉄直上の建物の施工は、今回述べた例で2件目である。2件とも、竣工後の居室における固体伝搬音レベルは35 dB (A) 前後となっている。同条件に位置する対策を施さない他ビル内の居室におけるレベルよりも10~15 dB (A) 程度小さい値が得られているので、ブリッジ工法は地下鉄固体伝搬音対策に有効であるといえる。

おわりに、地下鉄固体伝搬音の測定および対策につい

て、御理解、御協力いただいた当ビル建設委員会のかたがた、ならびに工事関係者のかたがたに謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 吉原, 縄岡, 中村, 平野, 安井: 地下鉄振動の伝搬性状に関する研究 (その1) - 地盤の振動伝搬性状について -, 大林組技術研究所報, No. 42, p. 27~36, (1991)
- 2) 吉原, 中村, 安井, 平野: 地下鉄振動の伝搬性状に関する研究 (その2) - 建物への入力損失効果, 建物内の伝搬について -, 大林組技術研究所報, No. 43, p. 21~28, (1991)
- 3) 縄岡, 平野, 吉原, 中村, 安井: 地下鉄振動の伝搬性状に関する研究 (その3) - 電車固体伝搬音の建物内伝搬性状と予測システム全体のまとめ -, 大林組技術研究所報, No. 44, p. 39~44, (1992)