

1. 浅沼組名古屋支店改修工事前後の振動特性調査報告

A Report on dynamic characteristics of Nagoya branch office of Asanuma Corporation before and after renovation work based on vibration measurements

飛田 喜則*¹ 山内 豊英*¹ 森 浩二*¹

要 旨

浅沼組では、リニューアル事業の目標として「人間にも地球にもよい環境」をかかげ、その一環として、築 30 年の浅沼組名古屋支店の改修プロジェクトを発足した。自然環境に配慮するため既存躯体を活用したまま、自然の光・風へのアクセシビリティを高め、都市における新たなマテリアルフローの要として土や木そして植物といった変化する自然と繋がるデライトフルな環境とすることで、人にも地球にも良い循環の中に建築を位置付け見直す試みを行っている。本改修工事では、柱梁など構造躯体の変更が無いものの、一部の床を取り除き吹き抜け空間としたほか、内外装材などを従来のものから自然素材を利用した素材などに大幅に変更している。それらによって建物は少なからず影響を受け変化するため、改修前後で振動測定を実施し、構造特性の変化が少ないことを実証した。

キーワード：改修工事／鉄骨構造／常時微動測定／TMD

1. はじめに

世界における地球環境問題への関心の高まりとともに、企業の活動において地球環境問題への取り組みが強く求められている。浅沼組では、有限である地球資源を有効に活用し、地球環境を健全に保つことにつながるリニューアル事業に改めて着目した。2021 年 4 月、リニューアル事業の目標として「人間にも地球にもよい環境」をかかげ、自然の力と人の創造力を掛け合わせた独自の技術で自然物と人工物のより良い循環を生み出すこととし、その一環として、築 30 年の浅沼組名古屋支店を環境配慮型ビルへリニューアルするプロジェクトを発足した。改修プロジェクトは、既存躯体を活用し、自然の光・風へのアクセシビリティを高める改変を行い、都市における新たなマテリアルフローの要として建築物を再構築するとともに、光や風、土や木、そして植物といった変化する自然と繋がるデライトフルな環境とすることで人にも地球にも良い循環の中に建築を位置付け直す試みである¹⁾。

本改修工事では、柱梁など構造躯体の変更が無いものの、一部の床を取り除き吹き抜け空間としたほか、内外装材などを従来のものから自然素材を利用した素材などに大幅に変更している。それらによって建物の荷重や剛性は少なからず影響を受け、その振動特性が変化することが懸念された。そこで、改修工事前後で振動測定を行い、建物の振動性状の変化について確認を行うこととした。また、交通振動などの低減を目

的として、一部の床に TMD を設置し、その効果の検証を行った。本報は、改修前後における建物の振動特性の変化、および床に設置した TMD の設置計画方法から設置後の検証結果について述べたものである。

2. 対象建物概要

本建物は、1990 年に竣工した名古屋市内に建つ 8 階建ての鉄骨造の事務所ビルである。平面形は約 15m×22m の整形であり、8 階は 1 スパンを絞った形状となっている。建物高さ(EV の OH 除く)は約 31m である。図 1 (a)～(b)に改修後の 1 階、2 階、基準階(3～7 階)および 8 階の伏図を、図 2 に短辺方向の断面図を示す。



(a) 改修前



(b) 改修後

写真 1 改修前後の建物のファサード

*¹ 技術研究所建築構造研究グループ

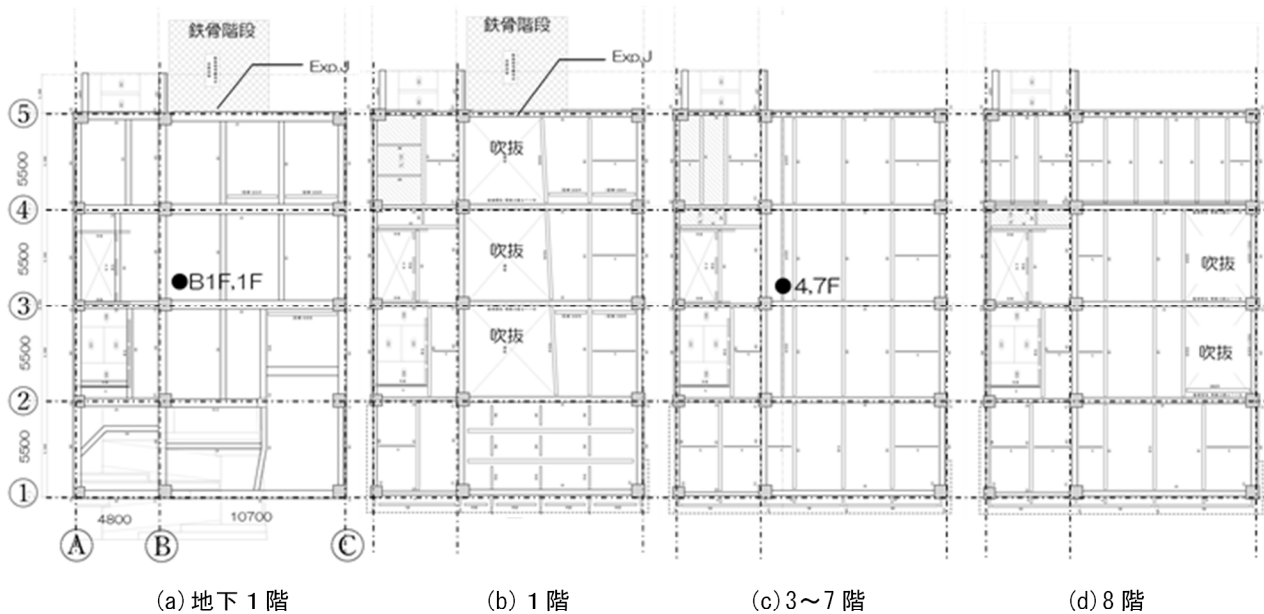


図 1 改修後の建物の平面図および測定点

また、写真 1 に改修前後の建物の西面からの様子を
示す。改修前後で構造躯体
はほぼ同じであるが、改
修による構造的な違い
は、2 階床や 8 階床に吹
抜け部分を設けること
によって解放感のある空間
とした。また、1 階から 2
階へ外部に鉄骨階段
(Exp.J で本体と分離)を新
設した。建物ファサード
がカーテンウォールから
木製となるなど、内装各
所の仕上げ材に自然素材
が多く使われた。写真 2
に 1 階から 2 階吹き抜け
空間の様子を示す。

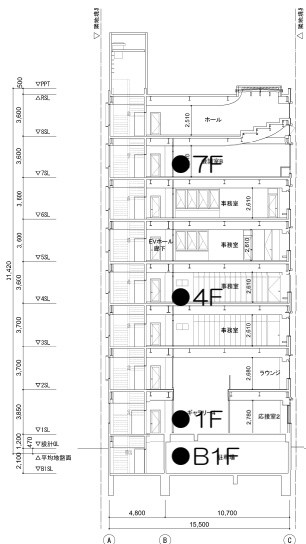


図 2 改修後の建物の
断面図(短辺方向)



写真 2 改修後の 1～2 階の吹抜け空間

3. 常時微動計測に基づく建物の振動特性

3.1 建物の常時微動測定

本建物の振動特性を把握するため、改修前後に常時
微動計測を実施した。図 1 に微動計の設置位置を●印
で示す。改修前は地下 1 階、1 階および 7 階の中央付
近の柱脚部にて行い、改修後は各階の中央付近の柱脚
部で行った。測定は、東京測振社製 携帯振動計 SPC52A
を用いた。収録記録は加速度成分とし、サンプリング
周波数が 200Hz である。本報で対象とする階は、地下
1 階、1 階および 7 階とし、改修後には 4 階を含めて
いる。

3.2 固有振動数

改修前後における各階の水平 2 方向のフーリエ振幅
スペクトル比を図 3 (a)、図 3 (b)に示す。スペクトル
比は地下 1 階に対する 1 階および 7 階を示している。
これより、改修前の卓越振動数は、短辺方向が 1.71Hz、
長辺方向が 2.77Hz であったが、改修後にはそれぞれ
1.61Hz、2.70Hz とやや低下するが、大きな変化は確認
できなかった。また、図 3 (b)より、改修後に測定した
4 階の卓越振動数が短辺方向 5.89Hz、長辺方向 9.49Hz
であり、これらは建物の各方向での 2 次振動数である。

改修後に行った地下 1 階から 8 階の振動測定結果よ
る各方向の固有振動モードを図 4 に示す。1 次振動モ
ードは地下 1 階から 8 階まで直線的な振動モード形を
示し、2 次振動モードでは 4 階を腹とした形状が確認
できた。さらに、短辺方向 9.89Hz、長辺方向 16.2Hz 付
近には各方向の 3 次と考えられる振動モードがみられ
た。

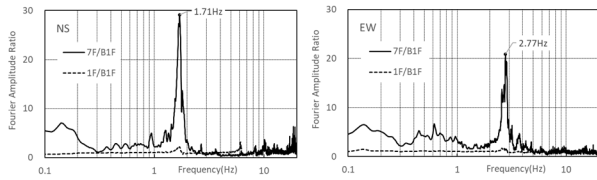


図 3 (a) 改修前のフーリエスペクトル比

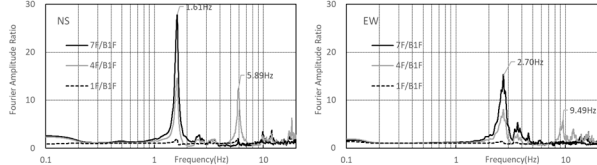


図 3 (b) 改修後のフーリエスペクトル比

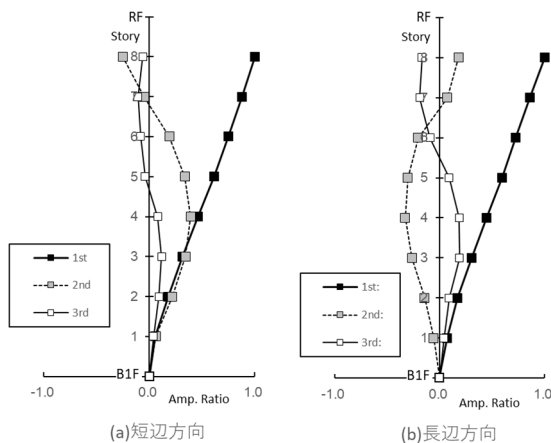


図 4 改修後の振動モード図

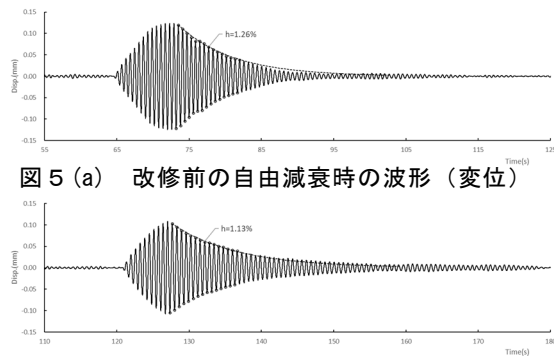


図 5 (b) 改修後の自由減衰時の波形 (変位)

3.3 減衰定数

常時微動測定時に短辺方向に対して人力加振実験を実施した。長辺方向は、加振する箇所が無く良好な測定が得られなかった。加振は、7階にて成人男子4、5名によって、当日測定した卓越振動数の1次に合わせて行った。図5(a)、図5(b)に改修前後に測定した自由振動波形(測定した加速度波形を積分、バンドパス1.0~3.0Hz処理)を示す。これより減衰定数を算定すると、改修前では1.26%、改修後には1.13%となり、改修前後においてほとんど変化が無いことが確認された。

4. 床振動特性とTMDの効果

4.1 対象床

本建物の前面には高速道路が通っており、稀に交通振動と考えられる床振動が感じることがある。その対策として一部の床に制振装置(TMD)を取り付けることとした。改修後に床に制振装置を設ける案はあったものの、いずれの階の床に設置するか未定であった。図1(c)で示すように3階~7階の床構造はほぼ同じであるため、改修前には7階床にて振動測定を行い、その結果に基づいてTMD設置計画を行うこととした。なお、実際にTMDを設置した位置は5階床である。

4.2 TMD概要と設置計画

床に設置するTMDとはTuned Mass Damperの略称であり、対象とする構造体の振動数と同調させることで、その構造体の振動エネルギーを吸収して対象構造物の振動を抑える装置である。概略図を図6に示す。

本装置は、錘、バネ、減衰材料を一体とした装置である。これらを対象とする床の振動数にできるだけ合わせることができれば、床の振動を効率的に低減することができる。そのため、振動測定の結果から対策すべき床の振動数に合わせるようにTMDの諸元を調整し、また効果的な設置位置を決定することが重要となる。

- ①錘(マス)
- ②バネ
- ③オイルダンパー(エネルギー吸収材)

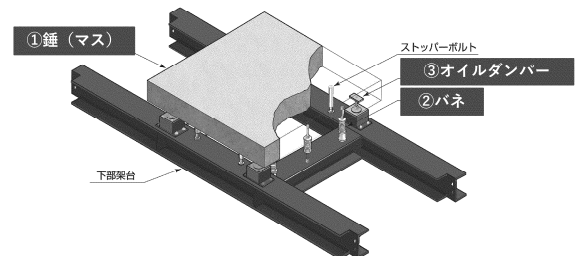


図 6 TMDの概略図

まず、床の振動測定を実施し、それに基づいた床の有限要素法モデル(FEM)にて振動特性や振動モードを確認し、それらに基づいて設置計画を行うこととした。

設置後には歩行実験による振動測定を行い、TMDの効果を確認することとした。

4.3 振動測定の概要

7階床上の振動測定位置と測定番号を図7に示す。測定位置は、⑧-①の柱脚(CH01)、⑧-⑨間のスパンに対して、①-②間の床中央(CH08)、②軸の大梁上(CH03)、および②-③間の床中央(CH09)とした。柱脚部(CH01)を床への入力位置とし、それに対するフーリエスペクト

ル比を図8に示す。図には床への入力振動となる柱脚CH01のフーリエスペクトルを2軸に示している。

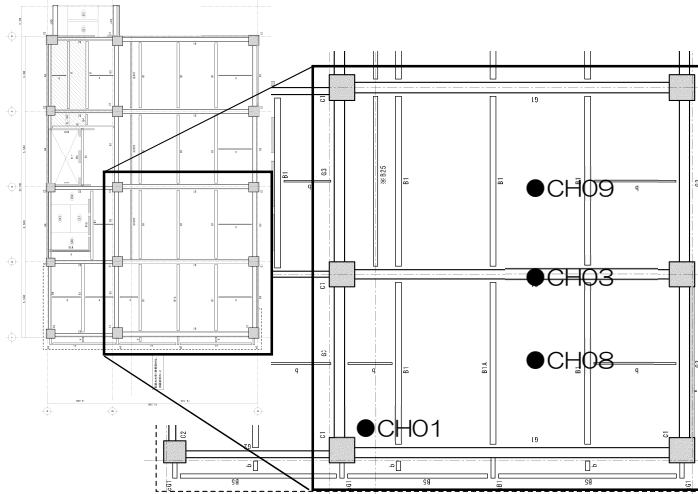


図7 改修前の7階床の振動測定位置図

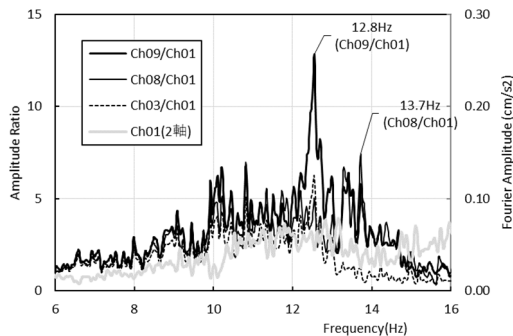


図8 改修前の7階床の振動特性

これより、入力となる柱位置(CH01)の振動は10～13Hz付近の成分が多く、これに対して床の卓越振動数は12～14Hz付近である。よって、柱からの入力される振動の振動数がこれらと同じ振動数であれば床振動を励起させる可能性がある。

4.4 FEMによる固有値解析

4.4.1 解析モデル

FEMモデルを図9に示す。解析モデルでは、
①柱位置は、全変位と曲げモーメントを拘束する。また、A通りとC通りはコンクリート壁があるため全変位を拘束とした。
②大梁、小梁は図面通りのH型鉄骨梁にてモデル化し、材端は床との合成効果を考慮して剛接合とした。
③スラブは板要素にてモデル化し、板厚を等価スラブ厚125mmとし、荷重の伝達方向は両方向とした。
④スラブ上面には、測定時に床には床仕上げ以外の積載物が無かったため、積載荷重400N/m²を考慮した。なお、間仕切りなどによる剛性、荷重は考慮しない。

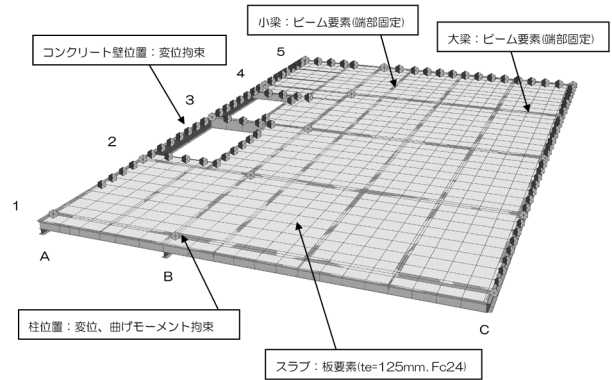
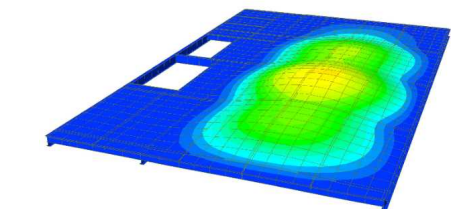


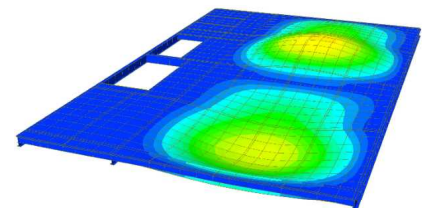
図9 床のFEM解析モデル

4.4.2 固有値解析結果

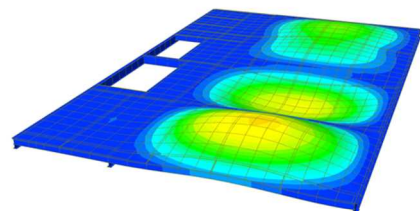
固有値解析による1次、2次および3次の振動モード図を図10に示す。これより、1次はB-C間のスラブが7階床全体で振動し、東側の壁によって拘束が大きいいため西側から2つ目のスラブ中央付近の振幅が最大となる振動モードである。2次は3通り付近の大梁を節とし、その東側と西側で正負が異なる振動モードである。3次はそれぞれ大梁間のスラブごとで独立して振動した振動モードである。このように常時微動により得られた12Hzと14Hz付近の2種類の卓越振動数は、7階床全体が振動するモードと、大梁間で囲まれたスラブが個々に振動するモードに大別できる。本床を制御するためにはこれら2種類の卓越振動数を同時に制御する必要が効果的であると考えた。



(a) 1次振動モード



(b) 2次振動モード



(c) 3次振動モード

図10 床の固有値解析による振動モード

4.5 TMD 配置計画概要

対応すべき 2 種類の振動数に対して 2 種類の TMD を配置することとした。配置図を図 1 1 に示す。スラブ全体の振動を制御するため、建物の中央付近に TMD ①を 2 基設置し、大梁間で囲まれたスラブを制御するために TMD②を設置した。それぞれの緒元を表 1 に示す。設置日には床の振動数を再測定し、最も効果的となるように TMD のバネを微調整した。

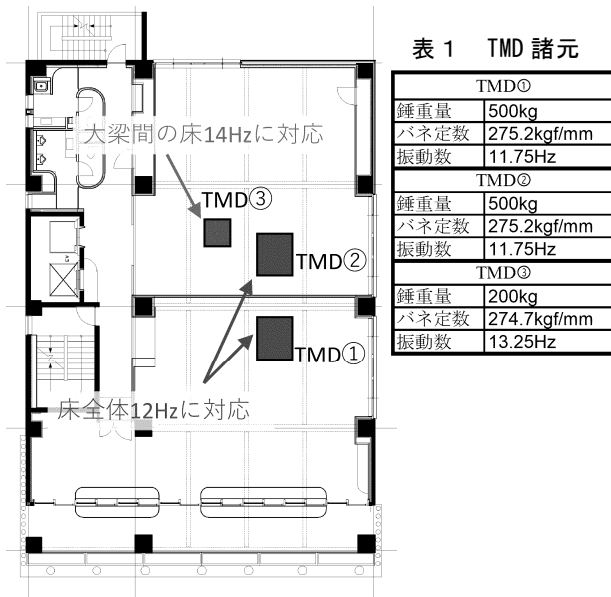


図 1 0 TMD 設置計画



写真 3 TMD①②の設置状況



写真 4 TMD③の設置状況

4.6 TMD の効果の検証

TMD の効果を検証は、TMD の錘を自由とした場合 (TMD があり)と TMD の錘を固定した場合(TMD 無し) について振動測定を行い、それらを比較した。外乱として成人男子 2 名による歩行とした。その様子を写真 5 に示す。振動測定による 1/3 オクターブバンド分析結果を図 1 2 に示す。これより、TMD を設置することによって床の卓越振動数となる 10~20Hz の振動成分が 60%程度に低減できることを確認した。



写真 5 TMD 検証実験の様子

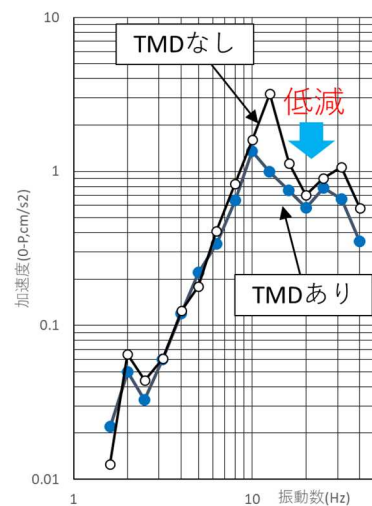


図 1 1 TMD 検証結果

5. まとめ

改修前後で振動特性が大きく変化しないことを確認した。また、床に設置した TMD が有効に作動していることを確認した。なお、本建物では改修後に地震モニタリングシステムを導入し、今後、地震観測により建物の振動特性の変化や、地震時の特性などを検証していくこととしている。

【謝辞】

本測定にあたり、東京理科大学理工学部建築学科永野正行教授をはじめ研究生諸氏に多くのご協力をいただきました。ここに記して厚く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) GOOD CYCLE BUILDING 001 浅沼組名古屋支店改修 PJ, 近代建築, Vol. 75, No. 12, pp.70-75, 2021.12