

1. 13階建て鉄骨造建築物の振動実験 (その2 二次部材が振動特性に与える影響について)

飛田 喜則 福本 昇
菊地 克典* 杉之内 靖

要 旨

本報告は、13階建て鉄骨造建築物において鉄骨建て方終了時、竣工時および竣工後に常時微動測定および人力加振実験をおこない、それらの結果を比較することによって、この建築物の固有振動数および減衰定数がどのように変化するかを検討した結果について述べたものである。測定の結果、竣工時の固有振動数は鉄骨建て方終了時の結果に比べて低くなった。このことから、当建物の固有振動数は二次部材の剛性による影響よりも質量による影響が大きいことがわかった。

キーワード

常時微動／人力加振／固有振動数／減衰定数／鉄骨構造／二次部材

目 次

1. はじめに
2. 建物概要
3. 実験概要
4. 常時微動測定
5. 人力加振実験
6. ま と め

1. VIBRATION EXPERIMENTS ON A 13-STORY STEEL STRUCTURE BUILDING (Part 2 : Effects of Secondary Construction Members on Vibration Characteristics)

Yoshinori Tobita Noboru Fukumoto
Katsunori Kikuchi Yasushi Suginochi

Abstract

This report describes the results of comparison of vibration measurements carried out on a steel structure building, forced vibration experiments and measurements of microtremors, at the time of completion of steel frame erection and again after final completion of construction work. The measurements were compared to determine the effect of secondary construction members on the natural frequency and damping factor of the building. As a result, it was found that the natural frequency of the building after final completion was lower than it was at the time of completion of steel frame erection. From this it was concluded that the effect of secondary construction members on the natural frequency was more a result of the mass of the members than of their stiffness.

* 東京本店設計部

1. はじめに

高層建築物の耐震性を検討するためには、実際の建物において地震動記録を取り、それに基づいてその建築物の振動特性を把握し、構造解析結果と比較検討することが重要である。このことから、当社では13階建ての鉄骨造建築物に地震動観測システムを導入し、ここで得られる地震動記録をもとに当建物における実際の振動特性を把握し、構造解析結果と比較検討することとした。

前報(その1)では、当建物の鉄骨建て方終了時(以後、「施工中」とする)において、常時微動測定および人力加振実験をおこない、施工中の建物の固有振動数および減衰定数などの振動特性を得たことを述べた。

本報告は、前回に引き続き、当建物の竣工時および竣工後に前回の実験と同様に常時微動測定および人力加振実験をおこない、そこで得られた結果と前回の結果とを比較し、建物に取り付けられた二次部材等による剛性や質量の増加によって、建物の振動特性がどのように変化するかについて検討した結果を述べたものである。

2. 建物概要

対象とした建物は、地下2階、塔屋2階を有する地上13階建ての鉄骨造純ラーメン構造(地下部分はRC構造)である。その断面図と基準階平面図をそれぞれ図-1(a)、(b)に示す。建物の軒高は地上49.57mであり、基礎の根入れ深さは11.7mである。杭はGL-29.3mの洪積層の砂層に支持された場所打ち拡張杭である。

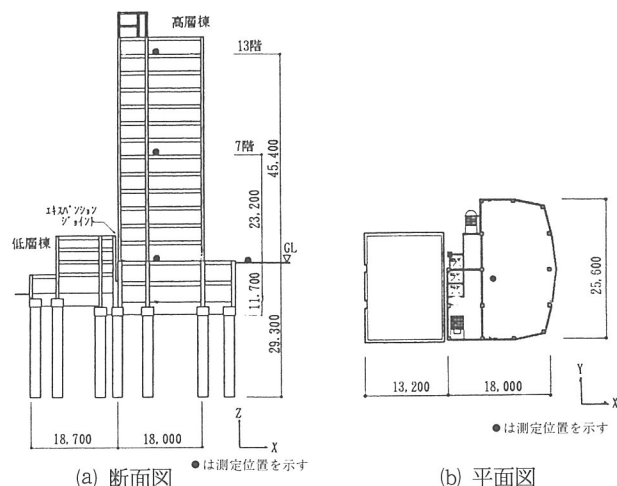


図-1 対象とした建物

建物(高層棟)の平面形は短辺が約19.50m、長辺が約25.60mである。なお、下層部分には地上3階建てRC造の低層棟があるが、高層棟とは基礎地中梁を除いてエクspansionジョイントによって分離されている。なお、写真-1は、竣工時の建物の外観である。

ここで、各実験時の建物の状態について述べる。前回の実験(施工中)は、鉄骨建て方工事が終了し床スラブコンクリートが最上階まで打設された状態であった。今回の実験は建物の竣工時と竣工後におこなったものであるが、竣工時は、前回に比べて外壁カーテンウォール等の二次部材がより多く取り付けられ、建物の質量および剛性はいくらか増加した状態にあり、竣工後は建物が実際に使用されていたため、竣工時よりもさらに積載荷重が付加された状態であった。

3. 実験概要

実験は、当建物の竣工時に常時微動測定および人力加振実験を、竣工後に常時微動測定のみをおこなった。

測定は、前回と同じ速度計(PMK-110)を用いておこなった。竣工時の測定位置は13階、7階および1階とし、竣工後は屋上および1階の重心位置とした。それら測定位置を図-1の断面図および平面図に示す。

人力加振は、当建物の屋上において加振人数を10名程度、加振回数を10回としておこなった。加振周期は常時微動測定から得られた1次および2次固有周期とした。また、加振は重心に対して対象となるように人員配置しておこなった。



写真-1 竣工時の建物の外観

4. 常時微動測定

施工中、竣工時および竣工後におこなった常時微動測定の結果をもとに、それぞれの固有振動数の変化について述べる。なお、前報（その1）で述べたように、施工中の長辺方向の測定時には強い風が吹いたため、正確な振動特性を得ることができなかったことから、本報告では短辺方向の測定結果を比較したものについて述べる。

図-2、3に各実験によって得られた短辺方向の常時微動速度記録を積分して得られた変位時刻歴波形（水平成分）、およびそれらのフーリエスペクトルを示す。なお、フーリエスペクトルの平滑化にはParzenウィンドウ処理（バンド幅 0.2Hz）をおこなっている。

各実験時のフーリエスペクトルから得られた建物の1次の固有振動数は、施工中・竣工時・竣工後の順に0.89Hz・0.84Hz・0.80Hzであった。この結果から、1次の固有振動数は施工中と比べて竣工時は0.05Hz低くなった。同様に、2次の固有振動数は施工中・竣工時・竣工後の順に2.74Hz・2.58Hz・2.48Hzであり、竣工後の値は、施工中と比べて0.26Hz低くなった。

建物の固有振動数は、建物の質量および剛性の変化などによって異なると考えられるが、今回の実験では竣工時の固有振動数が施工時に比べて低くなったことから、二次部材等の剛性の増加よりも、竣工時、竣工後の建物質量の増加による影響が大きかったと考えられる。

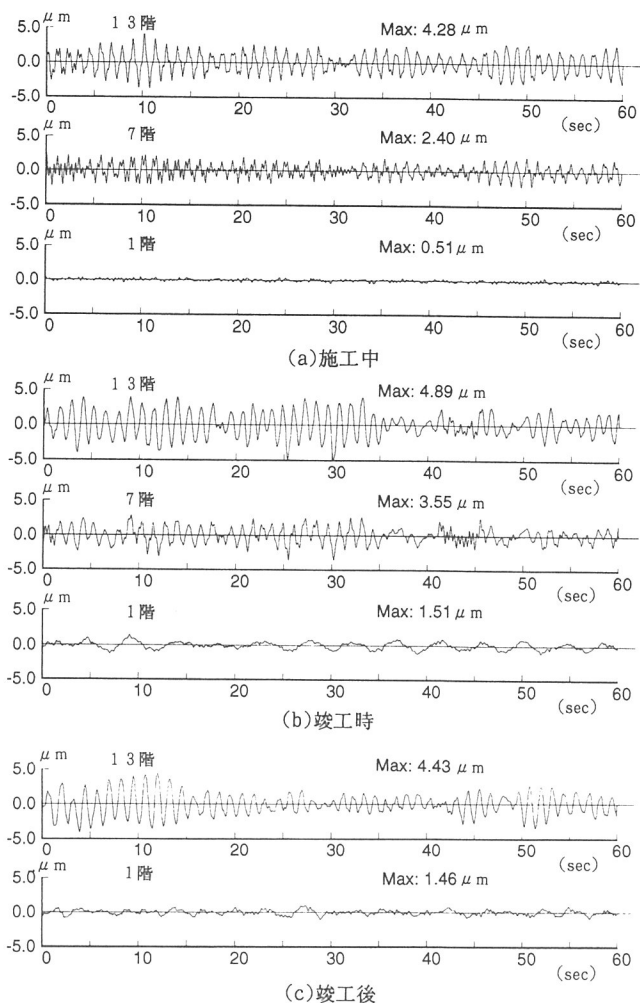


図-2 常時微動変位時刻歴波形

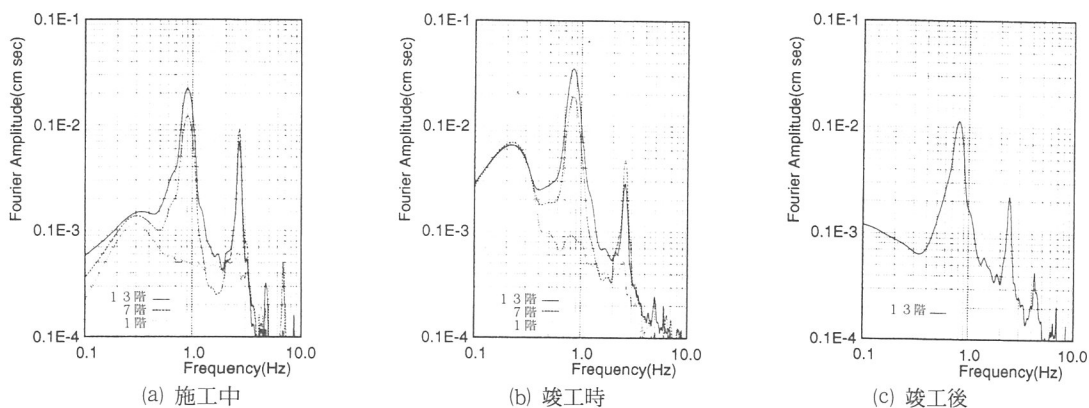


図-3 フーリエスペクトル

5. 人力加振実験

施工中と竣工時に人力加振実験をおこなった結果をもとに、建物の二次部材が減衰定数に与える影響について述べる。

図-4に施工中の短辺方向の1次加振時における13階、7階および1階の変位時刻歴波形およびそれぞれのフーリエスペクトルを示す。また同様に、図-5には竣工時の変位時刻歴波形およびフーリエスペクトルを示す。図に示す変位時刻歴波形から、13階の最大変位振幅は施工中で $404.94\mu\text{m}$ 、竣工時で $221.72\mu\text{m}$ であった。

人力加振実験の結果から1次の減衰定数を求めると、施工中でその値は0.82%であったが、竣工時は1.20%となった。この結果から、施工中の実験以後に取り付けられた二次部材等によって、減衰定数は約0.38%増

加したことになる。

同様に、2次加振実験の13階、7階および1階の変位時刻歴波形およびフーリエスペクトルを図-6、7に示す。変位時刻歴波形から、13階の最大変位振幅は施工中で $42.64\mu\text{m}$ 、竣工時で $42.39\mu\text{m}$ であった。また、13階の変位時刻歴波形から、実験では2次の固有振動数で加振しているものの、加振終了後しばらくしてから1次の固有振動数が顕著に現れていることがわかる。さらに、フーリエスペクトルから、2次の固有振動数が1次加振実験時より顕著であることが認められた。

これら実験結果をもとに、2次の減衰定数の推定をおこなった。なお、この推定には、変位時刻歴波形に1次振動数を除くようにバンドパスフィルターをかけておこなった。その結果、2次の減衰定数は約2.0%程度であった。

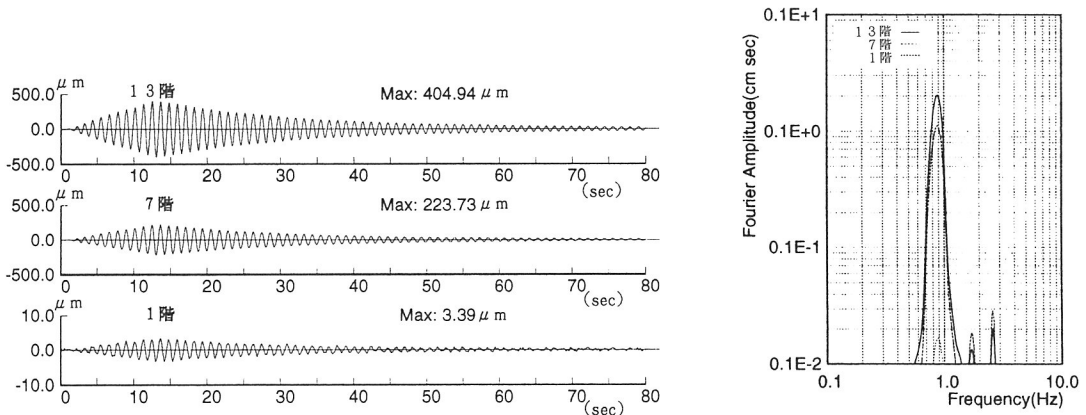


図-4 施工中の人力加振実験（1次）により得られた変位時刻歴波形とフーリエスペクトル

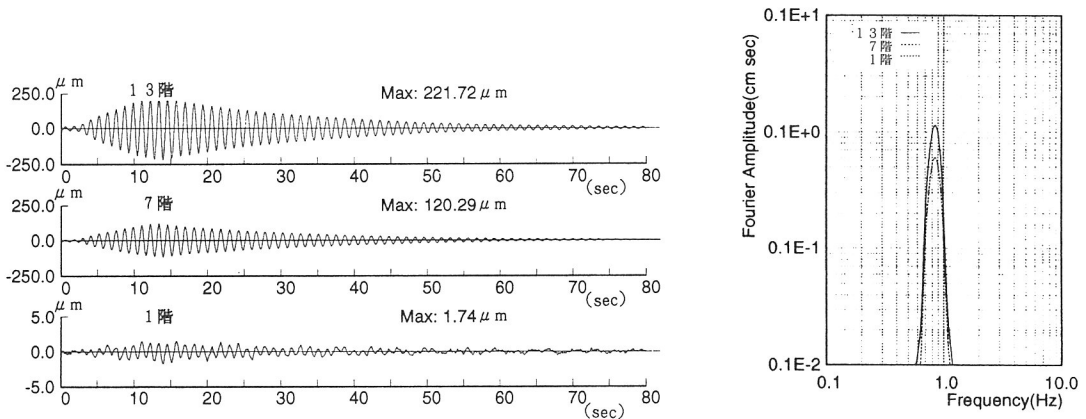


図-5 竣工時の人力加振実験（1次）により得られた変位時刻歴波形とフーリエスペクトル

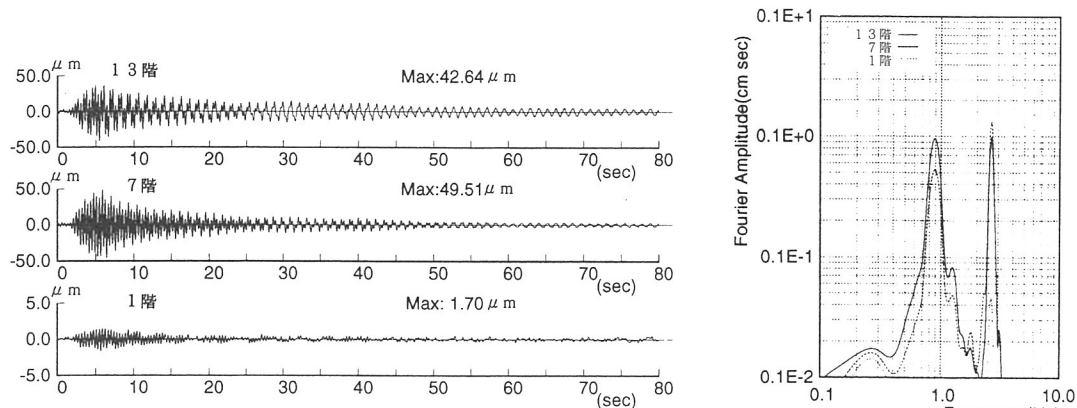


図-6 施工中の人力加振実験（2次）により得られた変位時刻歴波形とフーリエスペクトル

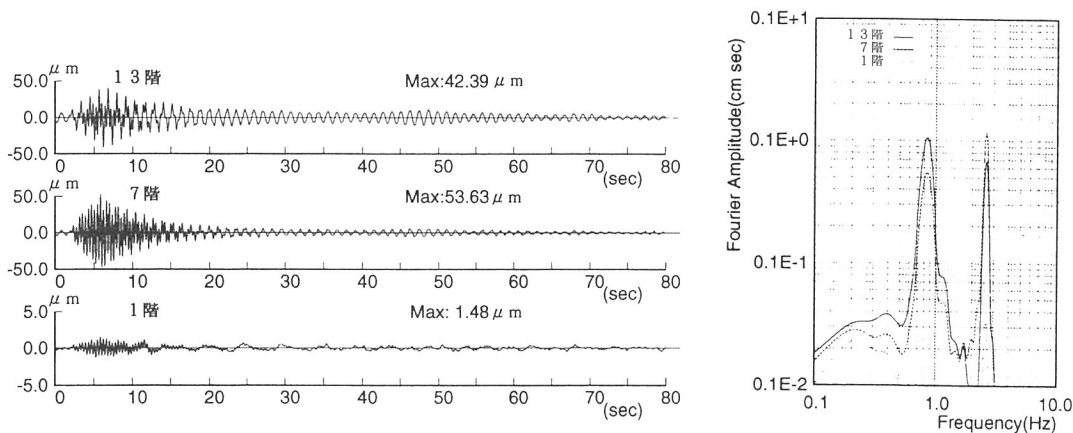


図-7 竣工時の人力加振実験（2次）により得られた変位時刻歴波形とフーリエスペクトル

6. まとめ

これら一連の実験で得られた当建物の1次、2次の固有振動数および1次の減衰定数をまとめて表-1に示す。

実験の結果、竣工時の1次の固有振動数は約0.84Hz、減衰定数は1.20%であり、一般の鉄骨造建物と比較するとやや振動数の低い建物であった。これらの値

表-1 固有振動数および減衰定数（X方向）

	固有振動数		減衰定数
	1次	2次	1次
① 施工中	0.89Hz	2.74Hz	0.82%
② 竣工時	0.84Hz	2.58Hz	1.20%
③ 竣工後	0.80Hz	2.48Hz	—

は、施工中の測定結果と比べると、固有振動数は約0.09Hz低くなっており、減衰定数は0.38%増加したことになる。

以上のことから、当建物の固有振動数は建物質量が増加することとともない振動数が低くなり、また減衰定数は、二次部材等が取り付けられたことにより増加したことがわかった。

今後、地震動観測をおこない、強震時の固有振動数、二次部材による剛性の変化およびねじれ振動についても検討していきたいと考えている。

〔参考文献〕

- 1) 飛田、福本他：13階建て鉄骨建築物の振動実験（その1 鉄骨建て方終了時における振動特性）
浅沼組技術研究所報（No.5 1993 PP16～21）
- 2) 建築物の耐震設計資料：日本建築学会