

3. 13階建て鉄骨造建築物の振動実験 (その1 鉄骨建て方終了時における振動特性)

飛 田 喜 則
福 本 昇
菊 地 克 典*
杉之内 靖

要 旨

建築物の振動特性を把握するために、現在施工中の最上階まで床スラブコンクリートを打設した状態での鉄骨造13階建ての建物において、常時微動測定および強制加振実験をおこなった。実験により得られた建物の固有周期および固有モードは、2次元骨組解析結果とよく一致していることが確認できた。

キーワード

常時微動／強制加振／固有周期／減衰定数／鉄骨構造

目 次

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. はじめに | 5. 強制加振実験 |
| 2. 建物概要 | 6. 平面骨組解析 |
| 3. 計測方法 | 7. まとめ |
| 4. 常時微動測定 | |

3. VIBRATION EXPERIMENTS FOR A 13 STORY STEEL STRUCTURE BUILDING (Part 1. Vibration characteristics at the completion of erection of a steel frame)

Yoshinori Tobita
Noboru Fukumoto
Katsunori Kikuchi
Yasushi Suginouchi

Abstract

In order to study the vibration characteristics of the building, forced vibration experiments and measurements of the microtremor, were carried out for a 13 story steel structure building constructed with floor slab up to the top floor. With the results of experiments into the vibration mode and natural period of the building, it was confirmed that there was good agreement with the results from a two-dimensional frame analysis.

1 はじめに

近年、建築物はますます高層化の傾向にあるが、高層建築物の耐震性を検討するためには、地震時における建物の応答および地盤と建物間の相互作用について適切な解析をおこなうことが必要とされている。しかし、これら解析時に用いられる建物の振動特性値と、実際の建物のそれとは大きな違いがみられることが多い。その原因としては、建物の基礎部分と地盤間の相互作用に関する評価方法、建物に付加される二次部材の剛性等の評価方法およびねじれ振動などの解析モデルの設定の不適切などがあげられる。これらの問題点を明らかにし、適切な解析をおこなうためには、実際の建物において地震動記録をとり、それに基づいてその建物の振動特性を把握し、構造解析結果と比較検討をおこなうことが必要となる。この度、当社東京本店ビル（OAKビル、平成5年11月竣工）の新築を機に、この建物に地震動観測システムを導入することとし、ここで得られる地震動記録から当建物における実際の振動特性を把握し、構造解析の結果と比較検討することとした。

本報告は、その一環として、当建物において常時微動観測・人力加振実験をおこない、ここで得られる実際の建物の振動特性値と構造解析結果とを比較検討した内容について述べたものである。なお実験当日、当建物は施工中であり、鉄骨工事が完了し床スラブコンクリートを最上階まで打設した状態にあり、最も解析モデルに近い状態であった。

2 建物概要

対象とした建物の概要を表－1に示す。この建物は、地下2階、塔屋2階を有する地上13階建ての鉄骨純ラーメン構造（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、地盤構造の概要を図－1(c)に示す。建物の高さは地上49.57mであり、基礎の根入れ深さはGL-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底杭である。建物（高層棟）の平面形は短辺（X方向）約19.50m、長辺（Y方向）約25.60mである。なお、下層部分には地上3階建てのRC造低層棟があるが、高層棟とは基礎地中梁を除いてエキスパンションジョイントにて分離されている。

表－1 建物概要

建築面積	1,063.31㎡
延床面積	8,986.31㎡
階 数	高層棟 地下2階 地上13階 塔屋2階 低層棟 地下1階 地上3階
高 さ (高層棟)	最高高さ 56.00m 軒の高さ 49.37m 基準階階高 3.70m 根入れ深さ 11.70m
杭	場所打ちコンクリート杭(拡底杭)
高層棟地上部	鉄骨純ラーメン構造
高層棟地下部	鉄筋コンクリート構造 (一部鉄骨鉄筋コンクリート構造)
低層棟	鉄筋コンクリートラーメン構造 高層棟地下1階の床より上部をエキスパンションジョイントにて低層棟と切り離す

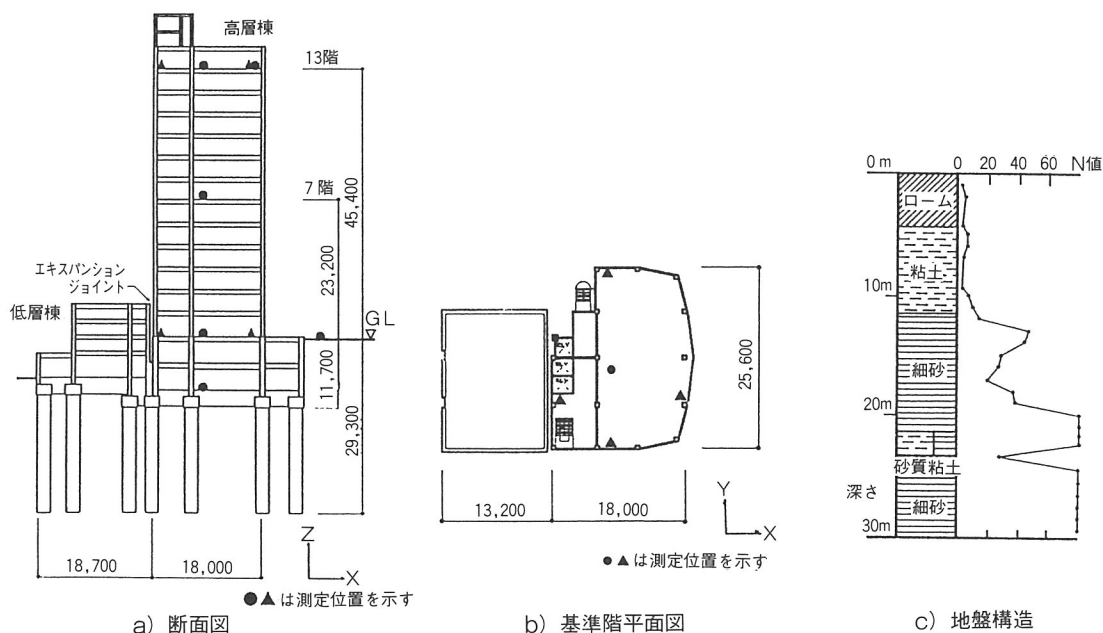
実験当日、当建物は前述のように施工中であり、6階付近まで外壁カーテンウォールが取り付けられている状態であった。写真－1は実験当日の建物の外観である。

3 計測方法

測定は、勝島製作所の速度計(PMK-110)を用いておこなった。その設置位置を図－1の断面図および平面図に示す(●:水平成分、▲:上下成分)。計測方向は建物短辺方向(X方向)、長辺方向(Y方向)とした。計測階は質点系解析において1次、2次モードが検出しやすい13階、7階および1階の重心位置に設置した。また、基礎部の挙動も調べるため地下2階にも設置した。さらに、人力加振実験では、建物全体の曲げ変形を検討するため13階、1階のそれぞれの端部にも上下動の検出器を設置した。



写真－1 測定時の建物の外観



図－1 測定建物断面図、平面図および地盤構造

4 常時微動測定

4.1 はじめに

建物の固有周期および振動モードを把握するため、常時微動観測をおこなった。測定は図－1に示した各階の重心位置でおこなった。短辺方向（X方向）計測時はほとんど風の影響がない状態であった。しかし、長辺方向（Y方向）計測時には強い風のため、正確な振動特性を得ることができなかった。このことから、ここでは主に短辺方向（X方向）について述べる。

4.2 上部構造物の挙動

上部構造物の振動特性を調べるため、図－3に短辺方向の常時微動速度記録を積分して得られた変位振幅時刻歴波形（水平動）、図－4にそれらのフーリエスペクトル、図－5に地下2階に対する各階の伝達関数（地盤は1階に対する伝達関数）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。

変位時刻歴波形より、13階における最大変位振幅は、約4.28 μ mであった。

フーリエスペクトルより、高層棟の1次固有周期は1.14秒、2次固有周期は0.38秒および3次固有周期では0.21秒がそれぞれ卓越している。また、7階の伝達関数では1次、2次固有周期がそれぞれ卓越しているが、3次固有周期(0.21秒)はほとんど検出されず、4

次固有周期(0.15秒)が顕著にみられた。

同様に、長辺方向（Y方向）についても検討をおこなった。測定時は強風下でおこなったため適切とはいえないが、1次固有周期は1.07秒、2次固有周期は0.35秒、3次固有周期は0.20秒であった。

さらに、常時微動変位時刻歴波形を1次と2次それぞれの振動数を中心とする幅0.20Hzのバンドパスフィルターにかけた変位時刻歴波形の約1周期の変位図を図－6に示す。変位図は各次モードについて、最大値で規準化している。これにより1次、2次の変位モードを明確に確認することができた。また、長辺方向においても同様に、変位モードを確認することができた。

4.3 基礎部の挙動

基礎部分の挙動について述べる。図－3の変位時刻歴波形より地下2階と1階では、ほぼ同様の動きをしていることが確認できた。また、図－4に示した地下2階と1階のフーリエスペクトルには上部構造物の固有周期の影響がみられず、図－5の地下2階に対する1階の伝達関数においても周期1.0秒以下で少し大きいもののほぼ1.0を示した。これにより、当建物の基礎部分は上部の影響をあまり受けず基礎部として一体の挙動をすることが確認できた。

また、長辺方向（Y方向）についても同様の結果が得られた。

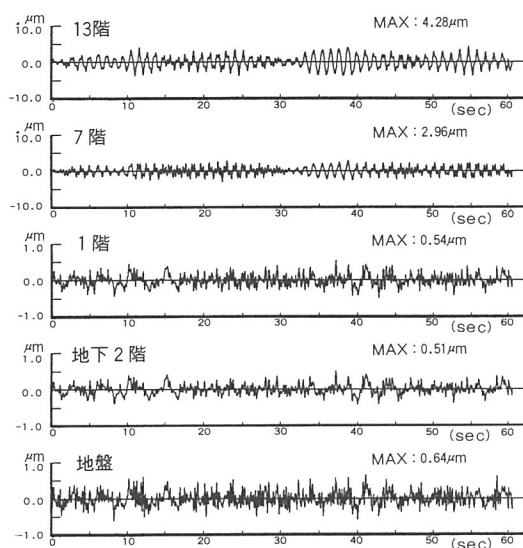
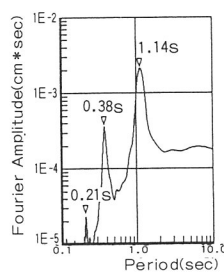
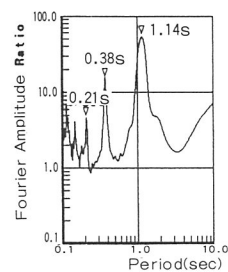


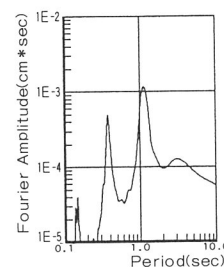
図-3 変位時刻歴波形 (常時微動)



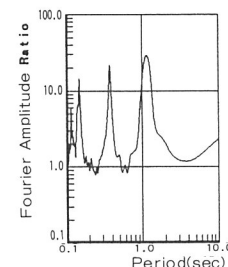
1) 13階



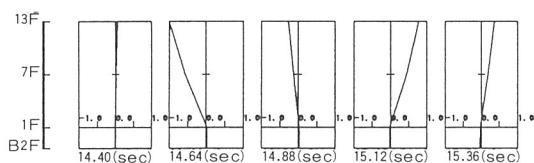
1) 13階/地下2階



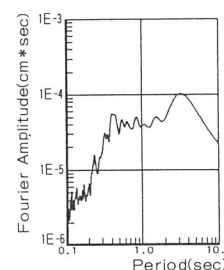
2) 7階



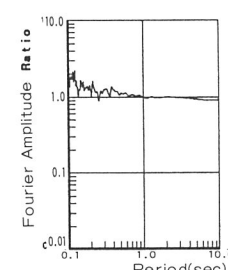
2) 7階/地下2階



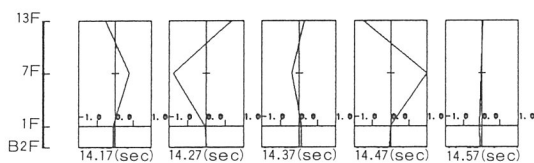
a) 1次成分変位図



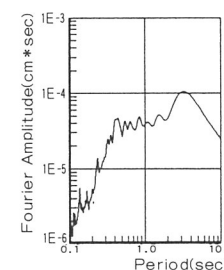
3) 1階



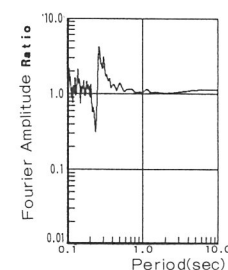
3) 1階/地下2階



b) 2次成分変位図



4) 地下2階



4) 地盤/1階

図-4 フーリエスペクトル

図-5 伝達関数

5 強制加振実験

5.1 はじめに

建物の減衰定数を推定するために強制加振実験をおこなった。強制加振は当建物の13階において人力加振によりおこなった。加振人数は10名、加振回数を10回とした。加振周期は常時微動測定によって得られた1次および2次固有周期(1次:1.1秒、2次:0.4秒)とした。加振位置は重心に対して対象となるように設定し、加振することとした。

5.2 減衰定数の推定

図-7に短辺方向(X方向)の並進1次加振時、図-8に同2次加振時の建物の重心位置での変位時刻歴波形を示す。また、図-9、図-10に各加振時のフーリエスペクトルを示す。

変位時刻歴波形より加振時の13階での最大変位振幅は1次加振時で404.99 μm 、2次加振時で42.64 μm となった。また、フーリエスペクトルより、1次加振時には各階で1次固有周期が顕著にあらわれ、1階および地下2階の基礎部分にも影響がみられた。

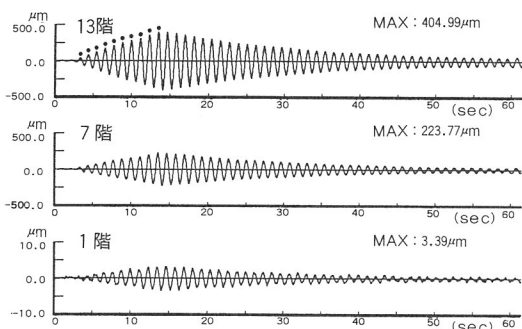


図-7 変位時刻歴波形(1次強制加振)

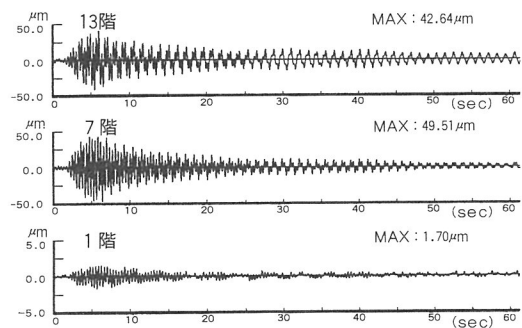
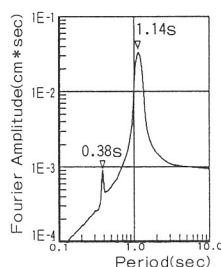


図-8 変位時刻歴波形(2次強制加振)

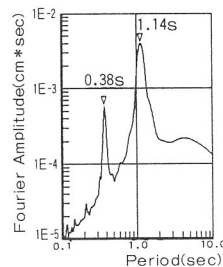
2次加振時には2次固有周期が1次加振時より顕著にみられるものの、1次固有周期の影響が大きかった。

これらの強制加振によって得られた変位時刻歴波形より減衰定数の推定をおこなった。なお、2次加振時の減衰定数の推定には、1次固有周期を取り除くように2次振動数を中心とする幅0.2Hzのバンドパスフィルタをかけておこなった。これによって得られた並進方向の1次、2次の減衰定数は、それぞれ0.82%、2.01%となった。

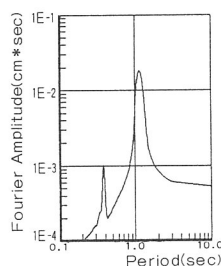
さらに、長辺方向(Y方向)についても減衰定数を求めたが強風のため値にかなりばらつきがみられた。1次の減衰定数は平均1.10%、2次では平均0.80%であった。



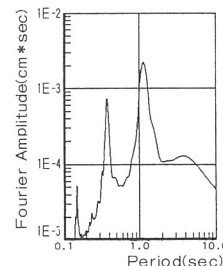
1) 13階



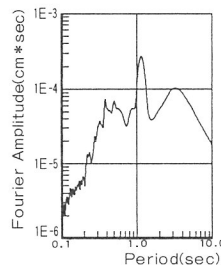
1) 13階



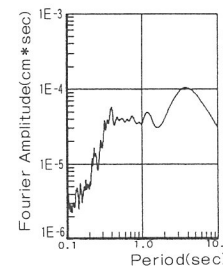
2) 7階



2) 7階



3) 1階



3) 1階

図-9
フーリエスペクトル
(1次強制加振)

図-10
フーリエスペクトル
(2次強制加振)

6 平面骨組解析

建物の固有周期を求めるため2次元平面骨組構造解析プログラム(Resp-F:構造計画研究所)を用いて、固有値解析をおこなった。建物質量は、実験当日の骨組みの状態のものとした。

表-2に解析値と観測値の固有周期および減衰定数で得られた減衰定数を示す。この表より解析値と常時微動測定によって得られた固有周期の値はよく一致していることが確認された。

表-2 固有周期および減衰定数

	測定 方向	固有周期(sec)		減衰定数
		解析値	観測値	観測値
1次	X	1.120	1.14	0.82%
	Y	1.042	1.07	1.10%
2次	X	0.369	0.38	2.01%
	Y	0.339	0.35	0.80%
3次	X	0.204	0.21	—
	Y	0.192	0.20	—
4次	X	0.150	0.15	—
	Y	0.128	0.11	—

7 まとめ

今回の実験は、上部構造が比較的解析モデルに近い状態を選んで常時微動測定および強制加振実験をおこなった。その結果、実際の建物の固有周期は、解析値とよく一致していることが確認できた。また、1次、2次の各振動モードも確認することができた。

今回は、建物の完成時において同様の実験をおこない、二次部材等の影響がどの程度みられるかについて検討する予定である。

【謝 辞】

振動実験をおこなうにあたり、大阪工業大学 大場新太郎教授に多大なるご指導、ご助言を頂きました。

また、実験にはOAKビル作業所 三浦所長をはじめ職員の方々、浅沼組東京本店設計部および勝島製作所の方々に協力して頂きました。

ここに記して深く感謝の意を表します。