

### 常時微動観測による建物の同定問題

藤岡, 裕貴 / YOSHIDA, Nagayuki / FUJIOKA, Yuuki / 吉田,  
長行

---

(出版者 / Publisher)

法政大学情報メディア教育研究センター

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学情報メディア教育研究センター研究報告

(巻 / Volume)

24

(開始ページ / Start Page)

79

(終了ページ / End Page)

84

(発行年 / Year)

2011-06-01

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00007308>

# 常時微動観測による建物の同定問題

## Identification Problem of Structure by Microtremor Observation

藤岡 裕貴<sup>1)</sup> 吉田 長行<sup>2)</sup>  
Yuuki Fujioka , Nagayuki Yoshida

<sup>1)</sup> 法政大学大学院デザイン工学研究科建築学専攻

<sup>2)</sup> 法政大学工学部建築学科

We have carried out the microtremor observation for Hosei University 58' building and three dimensional modeling. This study has two processes by the observational method and the analytical method. In observational method, we put microtremor meters on each point of every floor of the building and recorded the vibration data. Next, this data is inputted to FFT procedure to examine the natural periods and vibrational characteristics. In the analytical method, we investigated the drawings of the building and made the analytical model in detail. The 3D FEM program developed by authors is used to resolve the eigen value problem of this model. From the numerical results, we calculated several natural periods and investigated the vibrational behavior of the building. Finally, we show the comparison between the observational data and the analytical results.

**Keywords** : Microtremor, FFT, 3D FEM, Natural Period

### 1. はじめに

現在、建築基準法改定の流れを受け、建物の耐震性や耐震補強についての考慮が重要となっている。本研究は地盤振動による実在建物の振動性状を把握することを目的とした研究である。

を対象に常時微動観測機器を用いて振動計測を行い、得られた観測データと、作成した3次元構造モデルの解析結果との比較検討を行う。

観測、解析、そして比較検討に至るまでの流れを Fig.1 に示す。本論は、これらのプロセスによって、対象とした建物の耐震性を把握し、今後の耐震補強に役立てることを目指している。

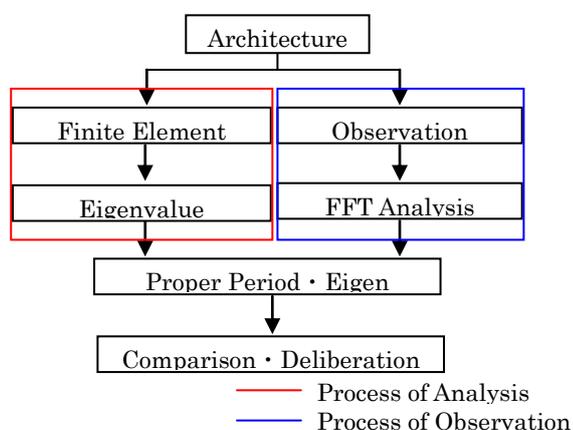


Fig.1 Process of study

法政大学市ヶ谷キャンパス 58 年館正門側低層棟

### 2. 観測

#### 2.1 対象建物

法政大学市ヶ谷キャンパス 58 年館正門側低層棟を対象に常時微動観測を行った。外観を Fig.2 に示す。千代田区富士見町に立地する RC 造 3 階建ての本校舎は 1958 年の竣工から築 52 年が経過している。建物は平面、断面共にほぼ左右対称である。地上から順にピロティ、教授室、大教室として使われており、桁行方向が 24m、梁間方向で 18m ある。構造体としては 1、2 階と連続してある柱が、3 階には外周

にしか存在しない。構造体の主な寸法は柱 600×600mm, 大梁 600×400mm, 小梁 450×300mm, 壁厚 25mm, スラブ厚 250mm となっている。



Fig.2 The exterior of the building for observation

## 2.2 常時微動観測

地盤や構造物のごくわずかではあるが常に振動しており、この微小な振動のことを常時微動と呼ぶ。常時微動の発生原因は風・波浪といった自然現象や、交通機関・工場など各種の人間活動によるものであり、それらが複雑に混ざり合っている。常時微動を適切に計測して分析することにより、地盤や構造物の振動性状(剛性, 減衰特性など)を抽出することができる。振動周期にして 0.1 秒から数秒程度が常時微動の観測帯域である。

## 2.3 観測機器

常時微動観測には Fig.3 に示した、低周波の微振動を測定できる昭和測器の微小振動測定用機器、3 軸微振動検出器を使用した。本器は 3 方向のサーボ型加速度計を用いて建造物 X, Y, Z 方向の微振動(DC 加速度/AC 加速度/VEL 速度/DISP 変位切り換え付)を検出し、その波形を 3 チャンネルレコーダに取り込んだ後 CF メモリを使用してパソコンにデータを転送する事が可能なシステムである。



Fig.3 Three axis vibrograph

## 2.4 観測条件

常時微動観測は 7 月 1 日 18:30~ , 7 月 31 日 8:00~ に行った。常時微動による建物の共振は、100Hz 以下の範囲で卓越すると考えられるので、サンプリング周波数は 100Hz に設定した。建物周辺は学生が活発に活動しており、また直近を鉄道が走っているため人工加震の影響が少なからず出ていると考えられる。7 月 31 日の観測では土曜日、朝早い時間だったこともあり比較的良好な観測条件で実測を行うことができた。

## 2.5 観測点

振動計は建物の特徴をよく表すように中心点付近を選び計 3 箇所を設置した。2 階の職員室では観測点に壁が設置してあったため、振動計を梁の直下に設置することはできなかった。測定に用いた振動計は 3 個で、各観測点で 1F, 2F, 3F の 3 箇所に設置し、X 方向, Y 方向の 2 方向でデータを同時に取った。観測点を Fig.4 に示す。

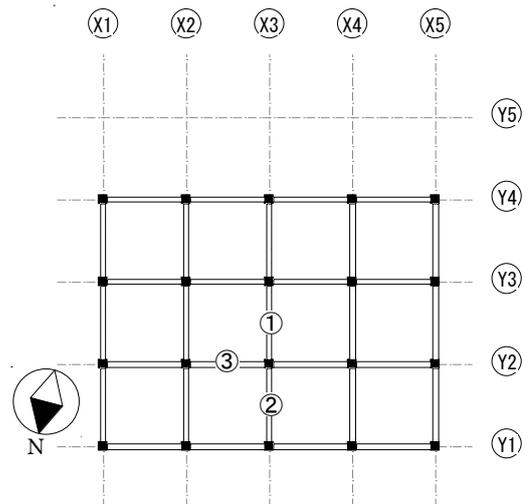


Fig.4 Observation point

## 3. 解析

建物の同定問題を研究するにあたり、法政大学市ヶ谷キャンパス 58 年館正門側低層棟の質量を調査した。手順として、図面の CAD データを作成し、このデータを基に面積・体積の算定を行った。その後、各材料の比重を掛け合わせることで質量を求めた。3 階平面図、求めた質量を、Fig.5, Table.1 に示す。

以上により求めた質量を、部材の交点による支配体積によって分配し作成した 3 次元モデルを Fig.6 に示す。耐震壁部分にはブレース置換法を用いた。

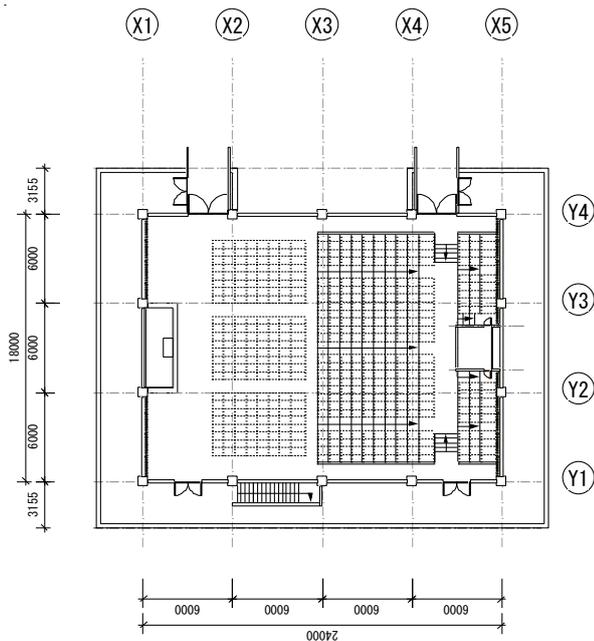


Fig.5 3F Plan

Table.1 Total weight of each floor

躯体質量	質量[t]
1層	437.605
2層	631.95
3層	601.930
合計	1671.485

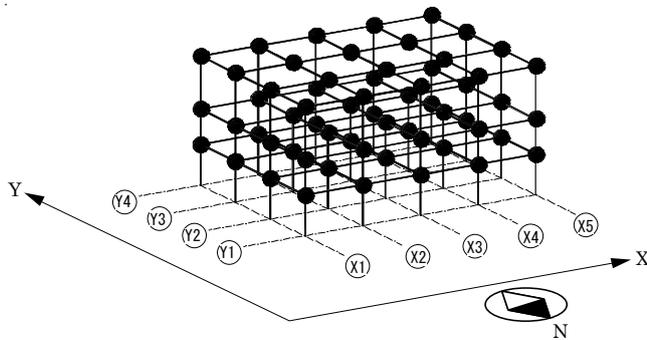


Fig.6 Three-dimensional model

断面 2 次モーメント:  $I_z = 1080000cm^4$   
 $I_y = 1080000cm^4$

■ 梁

ヤング率:  $E = 2.06 \times 10^3 kN/cm^2$

断面積:  $A = 2400cm^2$

断面 2 次モーメント:  $I_z = 720000cm^4$

$I_y = 320000cm^4$

■ 耐震壁

ヤング率:  $E = 2.06 \times 10^3 kN/cm^2$

壁厚:  $t = 25cm$

ポアソン比:  $\gamma = 0.25$

なお, T ばり係数は  $\phi = 2$  とした。

4.2.1 解析結果

3 次まで求めた解析結果とモード図を Table.2 , Fig.7, Fig.8, Fig.9 に示す。

Table.2 Natural period (s) and Natural frequency (Hz)

Analysis	1st mode	2nd mode	3rd mode
N. frequency (Hz)	2.57	3.40	3.71
N. period (s)	0.389	0.294	0.270

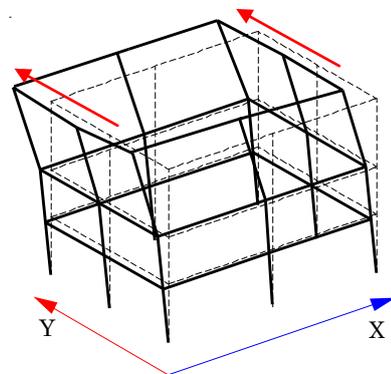


Fig.7 1st mode

4. 観測・解析結果

4.1 解析概要

構造体全体の剛性マトリックスと質量マトリックス作成ルーチンを組み込んだ 3 次元骨組解析プログラムを作成した。インプットデータは以下に示す通りである。

■ 柱

ヤング率:  $E = 2.06 \times 10^3 kN/cm^2$

断面積:  $A = 3600cm^2$

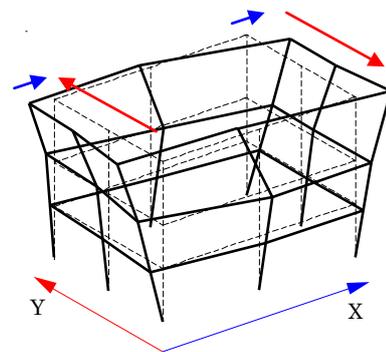


Fig.8 2nd mode

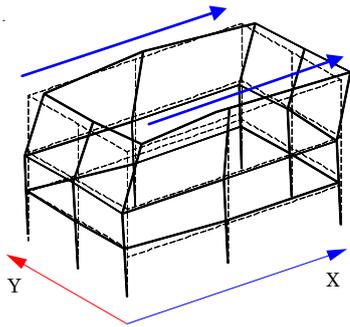


Fig.9 3rd mode

4.2.2 考察

固有周期は1次モードのY方向への揺れ、2次モードのねじれ、3次モードのX方向への揺れによる挙動を踏まえ比較・検討を行い、妥当な値が得られた。2次、3次のモード図では3階の無柱大教室における耐震壁配置(Y方向のみ)の影響が現れた。

各モード図において3階部は2階部と比較すると変位が大きくなっている。これはシェル部分の過大な質量によるものである。2次モード図におけるねじれが3次モードのX方向の振動より先に現れているのは、モデル全体としてX、Y方向の構面数による剛性の違いと3階中央部に柱のないことが影響していると考えられる。

4.3.1 観測結果

最も観測条件の良い7月31日の観測データの分析・検討を行った。観測結果は各観測のX、Y方向のピークを比較すると、ほぼ同様のピークを確認できた。その中でも顕著にピークを確認できる観測点③の各階X、Y方向のフーリエスペクトルをFig.9~Fig.14に示す。

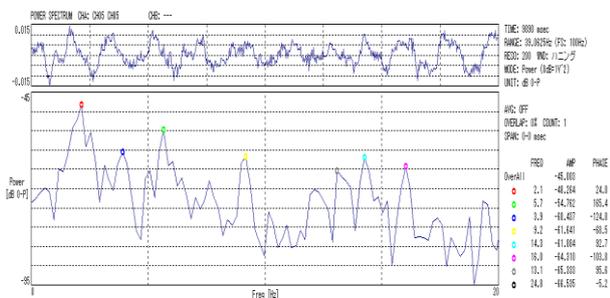


Fig.9 Observation point 3 Direction-X 3F

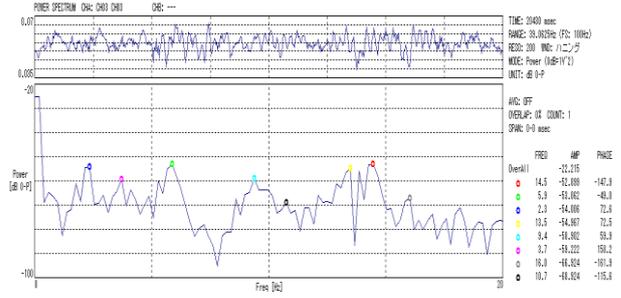


Fig.10 Observation point 3 Direction-X 2F

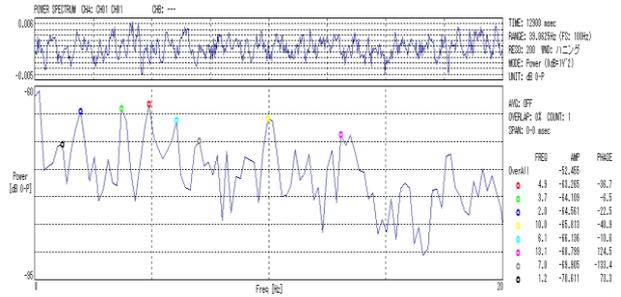


Fig.11 Observation point 3 Direction-X 1F

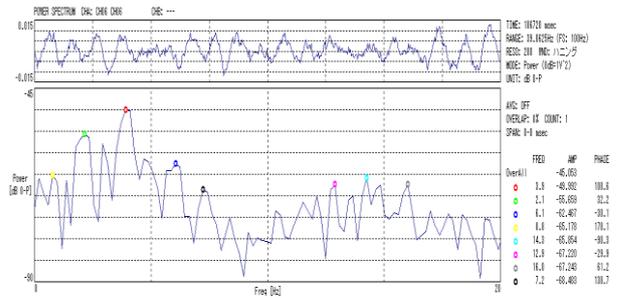


Fig.12 Observation point 3 Direction-Y 3F

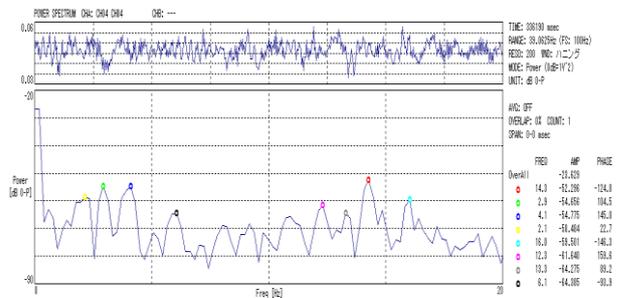


Fig.13 Observation point 3 Direction-Y 2F

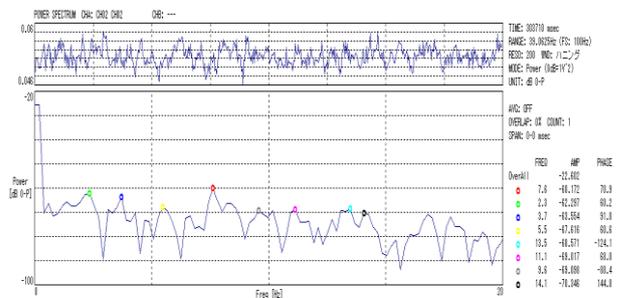


Fig.14 Observation point 3 Direction-Y 1F

### 4.3.2 考察

各観測点において、X方向では1次ピークは2.1Hzから2.3Hzに顕著に見ることができる。2次ピークも3.7Hzから4.1Hzに顕著に見ることができる。Y方向でもX方向と同様なフーリエスペクトルが得られた。1次ピークは2.1Hzから2.5Hzに顕著に現れている。2次ピークは3.7Hzから4.1Hzの付近に見られる。3次ピークでは、X、Y両方向とも同様かつ明瞭なピークを確認することができなかつた。これは観測を学生が活動している時間に行ったこと、直近を総武線が走っていること、58年館と渡り廊下でつながっていることなどの影響が考えられる。

## 5. 総合評価

### 5.1 観測・解析結果

観測を行い得られたデータと解析によって得たデータの照らし合わせを行う。比較するのは固有振動数と固有周期で、2次まで検討を行った。前述の解析結果の考察で述べたように、各観測点で顕著な卓越振動数を確認することができ、またその値も同様の数値であった。そのことを踏まえ、以下に示すFig15、Fig.16はX方向、Y方向のそれぞれ代表的な観測点でのフーリエスペクトルを示し、観測・解析結果の比較をTable.3に記載した。

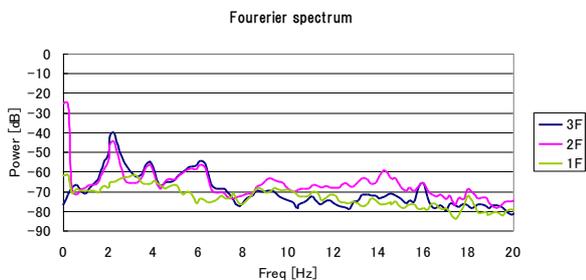


Fig.15 Fourier spectrum X

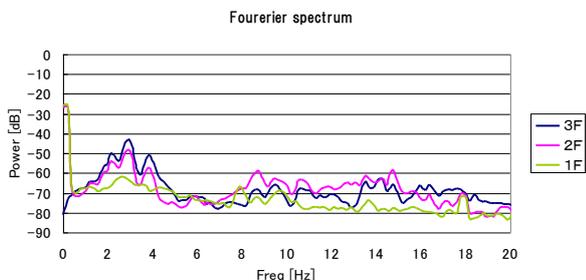


Fig.16 Fourier spectrum Y

Table.3 Observation and Analysis

		1st mode	2nd mode	
Frequency (Hz)	Observation	2.3	3.9	
	Analysis	2.57	3.40	3.71
Period (s)	Observation	0.43	0.26	
	Analysis	0.389	0.294	0.270

### 5.2 考察

実測データと解析データを比較するにあたり、解析結果の2次、3次固有周期に着目すると、この二つの値は非常に近接した値をとっており、これらは観測結果のグラフにおける2次ピークの中に含まれていると考えられる。よって、観測結果の2次固有周期、固有振動数と、解析結果の2次、3次の固有周期、固有振動数とが対応するとして比較を行っている。

1次では、固有周期は近い値をとっているが、僅かながら解析結果が観測データを下回る結果となっている。逆に2次においては、両者の誤差は非常に小さく、観測結果により近い値となった。

このように固有周期については、1次、2次、ともに観測結果と近い値を得ることができたが、全く同様な結果とはならなかった。その原因としては、竣工図ではなく施工図に基づいて調査を行ったことによる、解析モデルと実際の建築物との間の寸法的誤差や、質量計算による誤差、また対象となる建物の老朽化や隣接する建物と一部接続していること、などが考えられる。

## 6. 検討・今後の展望

### 6.1 観測

観測はノイズ影響が少ない条件で行うべきであるが、しかし本研究では大学の規則により深夜の観測が不可能であった為、学生生活の活発な時間に観測を行わざるを得なかった。また、最上階である屋上に振動計を設置することができなかつたことにより、対象建物全体としてのデータを収集することができなかつた。

地下階および地盤との相互作用を探っていくことも考えていくべき事項であるため、対象建物の周囲の地盤構造を調査する必要があるその場合の手法や理論等を研究していくことを今後の展望とする。

### 6.2 解析

ブレース置換の影響がモード図に僅かしか見られ

ないなど精度, 効率ともに更なる発展が必要である。また建物の老朽化を考慮すると, 実際の剛性とは差が出てしまっていると考えられる。

3 次元骨組解析, 特に固有モード解析は固有値に比べ, 質量計算などの構造体データの僅かな差異からも非常に大きな影響を受けてしまうことが判明した。よって, モード解析の精度の向上と共に, 正確な実測や図面等によるデータの収集から得られる計算精度の向上など, より誤差の少ない質量算定方法確立していかねばならない。また, 構造物に影響を与える地盤のモデル化を導入し, より精度の高い解析を行う必要がある。

### 参考文献

- [1] 秋元一成, 吉田長行, “常時微動観測による建物の同定問題”, 法政大学情報メディア教育研究センター研究報告, Vol.23, 2010.
- [2] 柴田明德, “最新耐震構造解析第 2 版”, 森北出版株式会社, 2003.
- [3] 戸川隼人, “有限要素法概論”, 培風館, 1981.
- [4] 藤谷義信, 藤井大地, 野中哲也, “パソコンで解く骨組の静的・動的・弾塑性, 解析”, 丸善株式会社, 2000.
- [5] 川井忠彦, 藤谷義信, “振動および応答解析入門”, 培風館, 1991.