法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-12-22

模擬微動を用いた建物の基本的動特性の抽出 法

中村, 圭佑 / KOINUMA, Masahito / 鯉沼 , 優仁 / 吉田, 長 行 / YOSHIDA, Nagayuki / NAKAMURA, Keisuke

(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)
31
(開始ページ / Start Page)
7
(終了ページ / End Page)
11
(発行年 / Year)
2017-06-30
(URL)
https://doi.org/10.15002/00014862

模擬微動を用いた建物の基本的動特性の抽出法

Extracting Method of Basic Dynamic Characteristics of the Building

by Using Simulated Microtremor

鯉沼 優仁¹⁾ 中村 圭佑¹⁾ 吉田 長行²⁾ Masahito Koinuma、 Keisuke Nakanura、 and Nagayuki Yoshida

1)法政大学大学院デザイン工学研究科建築学専攻
 2)法政大学デザイン工学部建築学科

In recent years, construction-related laws and regulations of Japan have always been amended from the reason of falsification of earthquake-resistance data and a great earthquake disaster etc. Thus, people are interested in earthquake-proof by gradation. However, the evaluation of the seismic performance of buildings is expensive and takes much time. Therefore, the low cost evaluating method is needed. The purpose of this study is to investigate the validity of some kinds of methods which can obtain the basic structural information such as natural period and dumping factor from microtremor observation. As a result, the efficiency of random decrement (RD) method with a moving average is made clear.

Keywords : Natural period, Dumping factor, Simulated microtremor, RD method

1. はじめに

近年、日本では震災や耐震強度偽装事件などを背 景に、建築関連法規の改正が行われている。1981年 に行われた建築基準法改正で設けられた基準は新耐 震基準、これ以前のものは旧耐震基準と呼ばれる。 1995年の阪神淡路大震災の際には、旧耐震基準のも のの多くが倒壊し、新耐震基準のものは大きな被害 を免れている。こうした経験から、法改正以前に建 てられた既存の建物の耐震性の確保が大きな課題と なっている。

建築物の耐震性能を評価する耐震診断には一次 診断、二次診断、三次診断があり、各診断法で共通 することは、設計図面が必要であることである。も し、設計図面を紛失した場合、復元する必要がある が、そのためには多大な時間と費用がかかることに なる。これらの問題を解決するために、安価で簡易 的に建物の構造概要を推定し、耐震診断の基礎資料 を得る手法の確立が求められている。その手法の一

原稿受付 2017 年 3 月 6 日 発行 2017 年 6 月 30 日 Copyright © 2017 Hosei University つとして建物の常時微動を観測することにより振動 特性を把握する方法がある。

本研究の目的は、常時微動下の建物を観測し、そ のデータを基に建物の振動特性を探り、構造諸量を 同定するプロセスを構築することである。しかし、 既往の分析手法により求めた固有周期、減衰定数に は真の値と誤差が生じていた。そこで、その値がど の程度真の値を捉えているのかをあらかじめ評価し ておく必要がある。さらには、より精度の高い推定 法の開発も必要となる。本研究では、模擬微動を用 いた既存の分析手法の性能評価及びその定性的傾向 の把握とより精度の高い推定法の開発を行った。

2. 研究課程

- 建物、地盤の加速度時刻歴波形を模擬微動で 作成。
- (2) 建物、地盤の加速度時刻歴の差から建物の相

対応答を算出し、それに RD 法を施し固有周 期、減衰定数を求める。

(3) それぞれの加速度波形に移動加算平均高速 フーリエ変換を施して周波数領域とし、その 差を求め、それをフーリエ逆変換で時刻歴に 戻し、RD 法を施して固有周期、減衰定数を 求める。

 (4) それぞれの結果を比較、考察し手法の適正を 評価する。
 研究課程のフローを図1に示す。



図1 研究課程 Fig.1 Research Process

3. 移動加算平均 FFT

長時間の恒常的な時刻歴波形データが得られて いる場合、FFT(Fast Fourier Transform:高速フーリエ 変換)を全区間に適用しても、扱う周波数の上限が 延びるだけで分析に必要のない高い周波数領域の情 報を無駄に得ることになる。それに加えて時刻歴波 形に含まれるノイズを多量に取り込むためにピーク の抽出を困難にする。これを避けるため、時刻歴デ ータを小区間に分割し、これにFFTを適用して平均 を取る方法が有効である。その際、その始点を半区 間ずつずらす移動加算平均法が有効であるとされる。 1 区間を N 個とし、L 回繰り返した移動加算平均の 結果は式(1)となる[4]。

$$X(\omega_i) = \frac{1}{L} \sum_{k=1}^{L} {}_{k} X(\omega_i) \quad (i = 1, 2, ..., N)$$
(1)

4. RD 法

本研究では、対象建物の減衰定数並びに固有周期 を算出する際に RD 法を用いる。

建物頂部における常時微動の応答 X(t)を建物の自 由振動 D(t)とランダムな外力 F(t)による強制振動 R(t)との和で表現できると仮定した場合、応答 X(t)の時系列波形を t=0 に極大値となるように並べ時刻 歴を重ね合わせると $\Sigma Xi(t)$ のうちランダムな極大値 Piの和 $\Sigma Pi(t)$ を初期振幅する自由振動波形となり式 (2)で表せる[1] [2]。それによって、図2のような波 形を図3のように変換できる。

$$\sum Di(t) = (\sum Pi) \exp(-h\omega t_0) \cdot \cos\sqrt{(1-h^2)\omega t_0} \quad (2)$$



Fig.2 Time History Waveform



図 3 RD 法による時刻歴波形 Fig.3 Time History Waveform by RD Method

振幅比 d と減衰定数 h との関係は式(3)(4)のように

Copyright © 2017 Hosei University

表される。lnd は対数減衰率と呼ばれる。固有周期 T は、各極大値から極大値までの1周期となる。

$$d = \frac{y_1}{y_2} = \frac{y_2}{y_3} = \cdot \cdot \cdot \qquad (fightarrow fightarrow f$$

$$h \approx \frac{\ln d}{2\pi} \tag{4}$$

5. 解析結果

ここでは実際に作成した模擬微動を用いて解析を 行う。時間領域で作成された地盤の微動は減衰定数 0.05 であり、固有周期が 0.3S、0.4S、0.5S の3 種類 の波形を作成し、それぞれ A 波、B 波、C 波とし、そ れが加わった建物を図4の1 質点系モデルと仮定し、 その地震応答波形の減衰定数を 0.05、固有周期を 0.3S として作成した。表 1 を解析結果の目的関数と し、解析を行う[3] [4]。



図 4 1 質点減衰モデル Fig.4 Model of One Mass Damping System

表 1	目的関数

Table.1	Objective	Function
---------	-----------	----------

		A 波	B 波	C 波
模擬微動	減衰定数	0.05	0.05	0.05
加速度	固有周期	0.3	0.4	0.5
地震応答	減衰定数	0.05	0.05	0.05
加速度	固有周期	0.3	0.3	0.3

抽出手順

- (1) 地盤と建物頂部それぞれの絶対加速度時刻 歴の差を求める
- (2) RD 法による重ね合わせによる自由振動解の 抽出

RD 法により重ね合わせた結果を図 5~7 に記す。 表2がその結果である。







図 6 B 波の RD 法による時刻歴波形 Fig.6 Time History Waveform B by RD Method



図7C波のRD法による時刻歴波形 Fig.7 Time History Waveform C by RD Method

5.1 相対応答 RD 法

Copyright © 2017 Hosei University

		A 波	B 波	C 波
目標値	減衰定数	0.05	0.05	0.05
	固有周期	0.3	0.3	0.3
解析結果	減衰定数	0.06	0.058	0.055
	固有周期	0.313	0.303	0.299

表 2 解析結果 Table.2 Analytical Result

5.2 移動加算平均 RD 法

抽出手順

- (1) 地盤の絶対加速度時刻歴の移動加算平均高 速フーリエ変換
- (2) 建物頂部の絶対加速度時刻歴の移動加算平 均高速フーリエ変換
- (3) 地盤と建物頂部それぞれの移動加算平均高 速フーリエ変換結果の差を求める
- (4) フーリエ逆変換によって時刻歴波形に変換
- (5) RD 法による重ね合わせによる自由振動波形 の抽出

地盤の加速度波形に移動加算平均高速フーリエ変 換を施した絶対値波形を図 8~10 に記す。



図 8 A 波の FFT による周波数波形 Fig.8 Frequency Waveform A by FFT



Fig.9 Frequency Waveform B by FFT



図 10 C 波の FFT による周波数波形 Fig.10 Frequency Waveform C by FFT

RD 法による自由振動波形の抽出結果を図 11~13 に記す。表 3 がその結果である。



図 11 A 波の RD 法による時刻歴波形 Fig.11 Time History Waveform A by RD Method



図 12 B 波の RD 法による時刻歴波形 Fig.12 Time History Waveform B by RD Method



図 13 C 波の RD 法による時刻歴波形 Fig.13 Time History Waveform C by RD Method

表 3 解析結果

Table.3 Analytical Result

		A 波	B 波	C 波
目標値	減衰定数	0.05	0.05	0.05
	固有周期	0.3	0.3	0.3
解析結果	減衰定数	0.036	0.034	0.071
	固有周期	0.3	0.32	0.32

6. 結論

移動加算平均

移動加算平均を用いて高速フーリエ変換を行うこ とでより長い観測波形を変換しても波形が滑らかに なったことから、本手法は固有周期の算出において 十分有効であると言える。しかし、減衰定数算出に 関しては良好な結果を得ることはできなかった。絶 対値の波形から時刻歴波形を取り出す際の工夫を考 案していく必要がある。

相対応答 RD 法

固有周期は概ね良好な結果を得ることができた。 減衰定数については 10~20%という誤差の範囲を 明確にすることができた。また、微動と建物の固有 周期が離れればその誤差は小さくなる傾向であるこ とも分かった。ノイズを含む実際の観測波形での検 証が今後の課題である。

参考文献

[1]田村幸、佐々木淳、塚越治夫著"RD 法による構造物のランダム振動時の減衰評価"、日本建築学会構造系論文報告集、第454号、pp。29-38、1993年 [2]柴田明徳、"最新耐震構造解析 第2版"、森北 出版株式会社、1981年

[3]大崎順彦、"新・地震動のスペクトル解析入門"、 鹿島出版会、1997 年

[4] 島津奨、鈴木大樹、村田拓也"常時微動観測に よる建物の動的解析に関する研究-東京都武蔵野市 聖徳学園1号館-"、法政大学デザイン工学部卒業 論文、2016年