

<論文要旨>

振動実験に基づいた木造住宅の構造特性推定に関する基礎的研究
Basic Study on the Identification of Structural Characteristic of
Wooden Houses Using Vibration Test

社会システムコース

1075038 坂本 諭

1. はじめに

近年、木造住宅の簡易診断を行う地域が多くなっており、高知県でも H15 年度に木造住宅の耐震診断事業が導入された。診断内容は建築士による目視調査が基本となっている。この耐震診断方法は、調査が容易で費用が安く、短時間で終わらせることができるといった利点がある。

現在行われている耐震診断は図面や目視から、地盤・基礎、偏心（建物の形、壁の配置）、水平抵抗力（筋交い×壁の割合）、老朽度を調べ評点にし、掛け合わせたもので、耐震性を評価するものである。目視や、図面での調査であるため、筋交いの欠陥や、見えない部分に受けるシロアリの被害など、壁内部の構造などは推測に頼らざるを得ないという問題がある。木造住宅の耐震性に重大な影響を及ぼす指標が正確に測れておらず、実証的でない。

木造住宅は強度が耐震性の指標となりうる。強度の測定方法は、実際に住宅の破壊試験を行うことにより測定できるが現実的ではない。剛性であれば、ウインチによる引張り試験によるたわみの計測や、振動を利用することで、非破壊によって測定できる。木造住宅の場合、強度と剛性が強い相関関係を持っていると考えられるので、剛性により住宅の耐震性を診断できる。

本研究では、最終的には木造住宅の耐震診断に適用することを目指して、振動実験結果から木造住宅の柱、梁、壁の剛性と減衰の推定を試み、剛性・減衰推定の手法を確立するための問題点を探ることとした。

本論文は、実際に建物の振動を計測して、建物の構造特性推定に利用できる振動特性を得ることができる計測方法を確立することと、計測により得られた振動特性を利用して、構造特性推定を行うときの問題点を探ることの2つのパートに別れている。

2. 振動実験

実験の流れとしては、

- ①常時微動による計測
- ②人力加振による計測を行った。
- ③加振機を使いホワイトノイズでの加振による計測の順に行った。

常時微動による計測では、振動が微小すぎて動的特性を得る事に使えるような振動特性を得られなかった。人力加振による計測では振動特性が得られたが、人力による加振であるた

め、計測結果の信頼性が低いと考えられる。そこで、ボイスコイルモーターを用いて、任意の波形での振動が可能となる加振機を作成し、ホワイトノイズによる加振により計測を行った。

3.構造特性推定の手順

実験により得られたデータを用いて、構造特性の推定を行う。

構造特性推定の手順としては、

- ①計測した建物のモデル化
- ②図面より質量を推定
- ③固有振動数と質量分布より剛性を推定
- ④固有モードと剛性より減衰を推定

の順に行った。

剛性推定については、モデルより剛性マトリックスを作成し、剛性マトリックスに引張剛性、曲げ剛性をランダムに与えて順解析を繰り返し、実験結果から得られた 5 つの固有振動数に最も近い値が算出された剛性の組み合わせを実験住宅の剛性とする。

減衰推定については、剛性推定により得られた剛性を使用して、減衰をランダムに与えて順解析を繰り返し、実験により得られた振動モードと最も近い値が算出された減衰の組み合わせを実験住宅の減衰とする。

4.解析結果と考察

4.1 剛性の推定

剛性の推定については、固有振動数が近似になるような剛性の組み合わせが求められた。得られた剛性も図面より得られた剛性分布を定性的にはよく表している。

4.2 減衰の推定

減衰の推定については、収束しなかった。

原因としては、

- ① 5 つの固有振動数とそれに対応する振動モードしかデータを入力しなかったため、より高次のモードのデータを入力しなければ収束しない。
 - ② モデル化を単純化しすぎた。
 - ③ 剛性の推定が誤っている。
 - ④ プログラムの不備
- ということが考えられる。

5.結論

- ・ ホワイトノイズでの加振による計測は、一度の加振ですべての周波数での振動特性を計測することができ、短時間で計測を行うために非常に有用である。
- ・ 剛性の推定は固有振動数より推定が可能だった。
- ・ 減衰の推定は難しく、今後の課題です。

Abstract

Basic Study on the Identification of Structural Characteristic of Wooden Houses Using Vibration Test

Satoshi Sakamoto

1. Preface

In recent years, the number of wooden houses, which are checked on earthquake resistance, is increased. The diagnostics for wooden houses is based on visual check. This method has advantage of simplicity, low cost and short checking time.

The present diagnostics judge the earthquake resistance by total ratings obtained from such factors as the grade of the foundation, the plan of the house, location of walls, horizontal resistance capacity (brace, the rate of walls), and aging level of the structure. This method has serious problem that the damage of the invisible structures in walls must be guessed. Thus, it can be said that the present method has defect from the viewpoint of reliability, because the most important factor, which dominates earthquake resistance of the house, is not evaluated adequately.

The earthquake resistance of wooden houses is dominated by the strength of the structure. The strength can be measured, if the breakdown test is conducted. However, it is apparent that the break down test on the actual houses is impossible. On the other hand, the stiffness can be measured by such nondestructive methods as loading testing by the winch or vibration test. The estimation of the stiffness may be very meaningful, since the strength can be considered to have the strong correlation with the stiffness in the case of wooden houses.

The objective of this study is to establish the basic procedure for the identification of the structural characteristics of the wooden houses, by using the data obtained from the vibration test, intending to apply the procedure to the diagnostics of earthquake resistance of wooden houses in future.

This paper is divided into two parts. First, the measurement method is studied to obtain the data, which can be used to identify the structural characteristic of wooden houses. Second, the method to identify the structural characteristic of the house is investigated, using the vibration data.

2 Vibration test

Following three tests are carried out.

- ① Ambient vibration measurement
- ② Vibration measurement under man-powered excitation
- ③ Vibration measurement with using vibration exciter

From the ambient vibration, the data, which can be used to get the dynamic characteristics, is not obtained, because the response is too small. Man-powered excitation can generate the enough magnitude in response for the structural identification. However, the accuracy of the measured data is poor, because the exciting force is unknown.

The vibration induced by the exciting force with white noise spectrum, is measured by using the vibration exciter, which can be driven by the arbitrary wave. It is shown that the usage of the vibration exciter improves the accuracy of the measured data, and that the excitation by the force with white noise spectrum is effective to shorten the measurement time.

3 Identification of the structural characteristic

Using the data obtained from the measurement, the structural characteristic is identified.

The procedure of the study is as follows;

- ① Modeling the house in question
- ② Estimation of the masses by the draft for the house
- ③ Identification of the stiffness from the natural frequencies and the distribution of the mass
- ④ Identification of the damping from the vibration modes and the stiffness

For the identification of the stiffness, the eigen-value analysis is done for the numerous models of the house. Each model has the various stiffness of frame member, which are set randomly with adequate condition of constraint, considering the actual structure of the house. Then, the combination of the element stiffness, which gives the best approximation for the measured natural frequencies, is selected as an identified stiffness.

For the identification of the damping, the damping matrix, which can give the best approximation to the measured vibration mode, is searched, by assigning the damping of the element randomly.

4. Result of the identification

4.1 Stiffness

Among 10000 models, the best combination of the member stiffness can be found. The calculated lower five natural frequencies agree well with those obtained from the vibration test. The calculated distribution of the stiffness shows no serious discrepancy with the structure indicated in the draft for the house.

4.2 damping

For the identification of the damping, no satisfactory result can be obtained.

The followings are considered as reasons.

- ① Only five lower natural frequencies and the modes of vibration are used. More modes of higher order must be used.
- ② Modeling of the house is too simple.
- ③ Identified stiffness is not correct.
- ④ The computer program used in the identification has bugs.

4. Conclusion

- The vibration measurement by the exciting force with white noise spectrum is useful. All dynamic characteristics can be obtained once and the measurement time can be shortened.
- The identification of the stiffness from the vibration data is possible.
- The identification of the dumping is difficult and is the subject of the future study.