

< 論文要旨 >

振動実験結果を用いた木造住宅の構造特性推定法 Method for estimation of characteristics of wooden houses using vibration test data.

社会システム工学コース

細川智加

1、はじめに

本研究では、耐震診断の信頼性向上に寄与することを目的とした木造住宅の振動実験について述べている。

近年、一般住宅でも耐震診断が行われつつあるが、住宅の耐震診断は建築士の目視を基準としており、信頼性に欠けるという問題がある。筋交いの有効性は剛性に現れると考えられるので、剛性評価は耐震診断の信頼性向上のために有効といえる。

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、部分的な筋交いの有無を反映した多数の解析モデルを用いて順解析を行い、実験値と最も適合する結果を与えるモデルを探索し、そのモデルから筋交いの有無を判断する方法を検討する。筋交いの有無の判定が可能となれば、その結果を現行の耐震診断マニュアルに反映させることによって、診断の信頼性の向上が期待できると考える。

2、振動実験

加振機を用いて実際の木造住宅の振動実験を行った。加振機は住宅の2階の主要な柱を加振できるように配置している。加振機は改良を行ったものを使用しており、改良前と比べると大きな応答を得ることができ、加振機の改良が有効であったといえる。加振機には変位計と制御回路が付いており、これによりモーター軸の制御を行っている。実験より得られた加速度のフーリエスペクトルから、実験対象住宅の固有振動数は1次が6.4Hz、2次が9.4Hzとなっていた。また、モード縦距から、6.4Hzの固有振動では並進振動が卓越し、9.4Hzの固有振動ではねじり振動が卓越していることが分かった。

3、振動解析

試験住宅と同じ構造のモデルを作成し解析に使用した。柱・筋交いの剛性については、図面から断面積を読み取り、ヤング率は、杉のヤング率を使用した。床の剛性については、剛体として扱ってよいかどうか不明であったため、加速度計を東西1列に配置し南北方向へ振動させる実験を行い床の変形を調査した。その結果、床の剛性については、少し変形が見られるがほぼ剛体だとして扱っても良いという結果が得られたので、十分剛な板要素でモデル化した。質量については、住宅の屋根・外壁・内壁・床それぞれの質量を積算し約18トンという値を導いた。この際、柱と筋交いの重さは考慮していない。この時点で壁についてモデル化はしていなかったが、微小振動時の剛性については壁の剛性の影響が大きいようにも思われたので壁をモデル化し解析を行うこととした。減衰について、一般的な木造住宅の減衰に近づけようと設定したが、高次モードに関して一般的な値とかけ離れた値となってしまった。しかし低次についていえば実験値と動的解析から得られたスペクトルの形が近いものとなったので、モデルとしては剛性の絶対値を含めて精度の良いものが作成できたといえる。

4、筋交いの有効性判断

固有値解析結果から筋交いの有無を判断することは可能である。しかし、それは壁をモデル化していない場合に言えることであり、壁をモデル化をして解析をした結果、壁の剛性が強すぎて筋交い有無による変化がモードに現れにくくなった。極端に筋交いを外して解析を行った結果でも、モードに筋交い有無の影響は現れにくいだが、モード縦距の変化を数値で表した結果、モードによっては筋交い有無によって差が現れることが分かった。比較的差が大きいモードに関してモード図でモード形を比較すると確かに筋交いの有無によって差がでていることが分かった。

5、結論

モデルについては、実験時の結果の再現が行えたことからかなり精度の良いものが作成できたと言える。筋交いの有無の判断は、壁の剛性が低い住宅においては可能だが、最近建てられた住宅など、壁の剛性が強い住宅では判断することが困難な場合が少なくない。しかし、細かい範囲で結果を見ると筋交い有無によってモードに差が生じており厳密なモード図比較を行えば、振動実験結果から筋交いの有効性を判断することは不可能ではない。

今回の解析結果を直ちに一般の場合に拡張することはできない。個々の住宅について、かなり綿密な実験と解析が必要であろう。この制約は簡便であるという振動実験を用いた評価法のメリットを大幅に失わせるものであり、本方法の適用性を限定するものと言える。本方法の実用化に向けては、典型的な住宅タイプ毎のモード変化の把握など、更なるデータの蓄積が必要と考える。

Method for estimation of characteristics of wooden houses
using vibration test data.

Chika Hosokawa

1. Preface

The vibration tests on wooden houses, which aim at contribution to the improvement of the seismic resistant diagnostics, are described in this study.

In recent years, seismic resistant diagnostics on wooden houses were carried out, but it is unreliable because diagnosis is based on the visual observation. Evaluation of stiffness is effective for the improvement of the reliability of the earthquake resistant diagnostics, because it is considered that the effectiveness of bracings appear in the stiffness.

In this study, a lot of models without partial bracing were used in the analysis, and the best model, which can represent the dynamic characteristics of the tested house, was searched. From this model, the presence of bracing of the house is judged. If the judgment is possible, the improvement of the reliability of the diagnosis can be expected, reflecting the result on the manual of earthquake resistant diagnostics.

2. Vibration test

Vibration test of wooden house was conducted using the vibration exciters. The exciters were allocated to the second floor to excite the main column of the house. The larger responsive acceleration was observed than the former test, because the exciters were improved. Thus, the improvement of the exciter is considered to be effective. The exciters are equipped with the displacement meter and control circuit. These are used to control the shaft of the motor. From the Fourier spectrum of the acceleration, the first natural frequency of the house is 6.4Hz, and second is 9.4Hz. From the mode shapes, the vibration at the frequency of 6.4Hz is dominated by the sway motion, and the vibration at 9.4Hz is dominated by the torsion motion.

3. Dynamic analysis

The structural model of the tested house was made and analyzed. The section of column and bracing is obtained from the drawing. The Young's modulus of the Japanese cedar is used. To check the movement of the floor in detail, the additional vibration test was conducted, using the accelerometers allocated in line. As a result, there is the slight deformation of the floor but the floor can be assumed rigid in the modeling of the wooden houses. The mass was accumulated to about 18 tons, which include the roof, wall and floor. The weight of column and bracing is not considered. At first, the wall was not modeled. But, in the case of the vibration with small amplitude, the wall has a significant influence on the stiffness. Thus, the wall was modeled hereafter. The damping of the higher mode is not close to the general damping of wooden houses. However, concerning the lower modes, the shape of the spectrum obtained from the dynamic analysis agrees with the experimental one well. Therefore the accuracy of the model can be considered to be sufficient.

4. Estimation of the effectiveness of the bracing

It is possible to evaluate the presence of the bracing from the result of the Eigen value analysis in the case of the model without wall. However, when the wall was modeled, it became difficult to sense the change in the mode shape due to the presence of bracing, because the stiffness of the wall is too large. Therefore the model which loses a lot of bracing is examined. Though the change in the mode shape is small and is difficult to sense, the influence of the presence of the bracing appears in the sum of the mode difference of all nodal points. Based on this numerical information, the mode shapes were checked in detail and it is found that the influence of the presence of the bracing appears in some particular mode. It is understood that the difference in mode shape is appears by the presence of bracing.

5. Conclusion

It can be said that the model has high accuracy because it is able to represent the experimental result. The judgment of the presence of bracing is possible when the stiffness of the wall of the house is small, but, in the cases of the houses built in recent years, it is difficultly to check the presence of bracing because the walls have large stiffness. However, if the results are checked in detail, the difference appears on the mode shape by the presence of bracing and it is not impossible to check the effectiveness of the bracing from the vibration test result.

This analytical result cannot be applied in general, at once. It is necessary to test and analyze individual houses more carefully. By this restriction, the merit of easy to estimate the stiffness using vibration test is lost and it limits the applicability of this method. It is necessary to accumulate the more data of change in the mode of each typical house for the practical use of this method.