

課題情報シート

テーマ名 :	木造軸組み住宅の振動模型製作				
担当指導員名 :	出口秀史	実施年度 :	23 年度		
施設名 :	四国職業能力開発大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	住居環境科		
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	3	時間 :	22 単位 (396h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

木材を使用してスケールを小さくしただけの模型では、相対的に剛性が大きくなり、固有周期が短くなるため、実際の木造住宅のような固有周期で振動するような模型にはなりません。そこでまず模型の振動計算を行ない、模型柱の剛性がどの程度必要か把握した上で、柱に使用する材料のヤング係数を求めました。種々の材料による模型柱の曲げ実験も行ない、目的のヤング係数をもつ木質系の材料としてインシュレーションボードから柱を製作しました。模型スケールに応じた荷重を載荷して固有周期を測定したところ、木造住宅の固有周期とほぼ同じになり、目的の振動模型を製作することができました。

【参考文献】 建築の振動（西川孝夫他共著、朝倉書店）、
建築材料（橋高義則他共著、市ヶ谷出版社）

【学生数の内訳】 模型振動計算：1名、模型材料実験：1名、模型振動実験：1名

【訓練（指導）のポイント】

はじめに木造住宅の振動モデルである2質点系の振動をできるだけわかりやすく習得させる必要があります。簡単な振動模型を製作して振動実験をしながら、質量と剛性、固有周期の関係を理解できるようにしました。基本的な建築振動が理解できたことで、屋根の重さの違いや柱壁剛性の違いによって、振動の仕方が変わることにより深く理解できました。また模型の筋交いや面材耐力壁、模型材料の実験や種々の振動実験を学生自ら取り組むことにより、材料の違いによる振動の様子やどのようにすれば振動を軽減できるか、あるいは耐震補強の方法など、興味をもって課題を進めることができました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 四国職業能力開発大学校
住所 : 〒999-3333 香川県丸亀市郡家町 3202 番地
電話番号 : 0877-24-6290 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/kagawa/college/index.html>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

木造軸組み住宅の振動模型製作

四国職業能力開発大学校
住居環境科

1. はじめに

去年3月11日に起きた東日本大震災は世界第3位の被害だった。住宅被害は全壊・半壊を合わせて23万棟超であった。地震大国である日本では、どこで地震が発生し、被害にあってもおかしくない状況である。そのため、地震被害を抑えるための対策をとる必要がある。本研究の目的は、実際の木造建築物と同じ固有周期で揺れる模型を製作して、耐力壁の種類や配置の違いが振動にどのように影響するかを調べることである。

2. 振動模型の製作

2.1 振動計算

基本となる振動の計算は下記の通りである。一般木造建築物の固有周期は、

$$T = 0.03 \times \left(\frac{\text{軒高} + \text{棟高}}{2} \right) \text{秒}$$

両端固定の柱の剛性の公式は、

$$K = \frac{12EI}{L^3}$$

L: 柱内法高さ
E: ヤング係数
I: 断面2次モーメント

1質点系の固有周期の公式は、

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{M}{K}}$$

M: 質量
K: 剛性
T: 固有周期

2.2 振動模型

振動計算を理解したうえで、模型振動を知るために簡易試作品を製作し、振動実験を行なった。それから本研究の振動模型を製作していった。今回は、2階建ての木造建築物で、特徴は、1階と2階の質量と剛性を同じにした、2質点系で一次固有周期を実木造構造物と同じになる模型を製作

することにした。

(模型の質量)実建築物の1階2階の重さ36t、模型レベルでは4.5kg、1階2階それぞれ2.25kgとなる。

(建物、柱の剛性)実建築物の固有周期約0.2秒とし、2質点系の一次固有周期(図1)

$$T = 10.167 \times \sqrt{\frac{M}{K}}$$

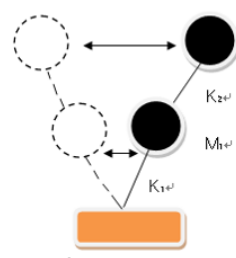


図1 2質点系モデル

(建物1層の剛性)

全体剛性5625N/m、柱1本K=125N/mである。模型の柱長さ0.145m、柱径0.006mより逆算し、模型材料のヤング率294.0N/mm²となる。次にこのヤング率に近い軟質性の材料を見つける。バルサ、桧の角材では硬過ぎ、インシュレーションボードという材料を発見したので、ヤング率を調べるために単純梁の曲げ試験を行うことにした。(写真1)

実験の結果、ヤング率415.8N/mm²であり、これ以上軟質性の材料を見つけるのが難しいため、インシュレーションボードを柱の材料に決めることにした。

材料が決まったので、模型を建てていく。基礎部分は桧の角材を使用してその上にインシュレーションボードを6mm角に成形し柱に見立てる。2階小屋組みを作り作製し完成である。(写真2)



写真1 曲げ試験



写真2 振動模型

2.3 模型の耐力壁

模型レベルの壁倍率 1.0(図 2)を理解したうえで、耐力壁計算用模型を製作し、壁倍率の実験を行う。今回壁の中に入れるものは、片筋交い、合板とし材料をデジタル荷重計とカンチレバー式変位計を用いた実験をして材料を探す。何種類か試して片筋交いはスチロール板、合板は航空ベニヤ 0.4mm を採用することにした。

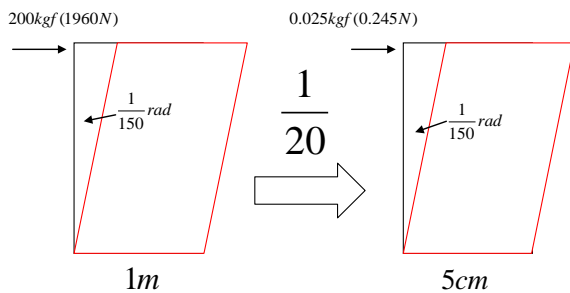


図 2 壁倍率 1.0

3. 振動模型実験

3.1 柱剛性の実験

模型を製作した後、模型の柱の剛性を調べる。デジタル荷重計とカンチレバー式変位計を使って行う。デジタル荷重計は模型の側面に設置し、カンチレバー式変位計も同じく反対側の側面に設置して行う。

デジタル荷重計は、物体にかける荷重を測定することができる機器で、デジタル荷重計の先端を模型の側面に合わせて 0.01N 単位で模型に荷重を掛けていく。カンチレバー式変位計は、 $2\mu\text{m}$ 単位で測定することができる機器で、0.1mm ごとに 10 回記録し、これを 3 回行う。変位計を模型のはり間方向の中央に設置して行うが、ねじれ力が生じ正確なデータがとれない可能性があるため、模型の側面の中央・右側・左側に設置する。表 1 は、測定した結果を表にしたものである。

3.2 固有周期の実験

FFT アナライザーを使用し、模型の固有周期を調べる実験を行う。加速度計を模型の側面に設置し、模型を振動台に設置する。あらかじめ計算しておいた実際の木造住宅の固有周期 0.2 秒とほぼ等しくなることを確かめる。図 3、図 4 が模型の固有周期を表すグラフであり、1 階・2 階とも固有周期 0.2 秒に近い数値が得られた。

4. おわりに

今回の実験を通しての反省点は、柱や筋かいや合板の材料を選ぶのに時間が掛かり、模型製作の作業で少々正確さを欠いた。また、模型を製作する工程で、柱を加工する上でカッターを使用したのが、もっと良い方法でやっていたらより良い精度の結果が得られたと思われる。この実習を通して地震、耐震に対する関心・知識が深まり、より一層耐震について調べてみたい。



写真 3 実験の様子

左側：カンチレバー式変位計

右側：デジタル荷重計

表 1 剛性実験の結果

変位(mm)	荷重(N)			
	1回目	2回目	3回目	平均
0.1	0.92	0.74	0.85	0.84
0.2	1.38	1.21	1.42	1.34
0.3	1.94	1.81	1.81	1.85
0.4	2.37	2.36	2.35	2.36
0.5	2.90	2.72	2.66	2.76
0.6	3.28	3.17	3.20	3.22
0.7	3.75	3.60	3.57	3.64
0.8	4.20	3.90	4.10	4.07
0.9	4.34	4.38	4.55	4.42
1.0	4.96	4.93	4.90	4.93

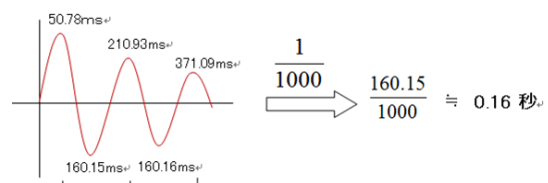


図 3 固有周期 1 階結果

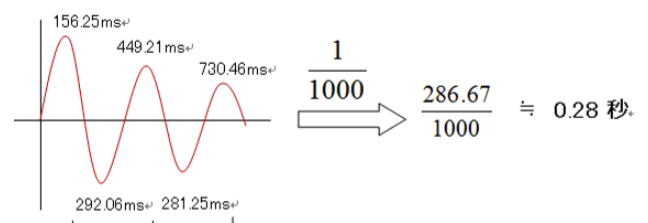


図 4 固有周期 2 階結果

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：9月28日

科名：住居環境科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		木造軸組み住宅の振動模型製作	
担当教員		担当学生	
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>木造軸組み住宅の振動模型の製作を通して、建築物の地震時における振動メカニズムを理解するとともに、耐震補強の方法とその効果、制震や免震などの振動制御の仕組みと技術を、実践的に身につける。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>建築物の耐震性能を高めるためには、どのような方策が必要なのか、どのような建築物が地震に弱いのか、どのような要因が耐震性に大きく影響するのか、本実習では木造軸組み住宅の振動模型を製作し、耐震補強等を施した振動実験を行なうことにより、より具体的に耐震性能を高める技術を確認します。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>地震時の振動をシミュレーションするための、木造軸組み住宅の振動模型の製作です。建築物の振動メカニズムを良く理解したうえで、実際の木造住宅と同様の振動をするように、模型を製作します。そのためには、使用する材料の力学的な性能の試験と評価、木造フレーム構造の振動特性の把握だけでなく、実構造物の振動特性を十分考慮した上で、模型を設計・製作します。最初は、部分的な構造模型製作と振動実験を実施し、設計のチェックを行なった後、最終的に木造軸組み住宅の全体振動模型を製作します。</p> <p>完成後は、模型による振動実験を行ない、耐震補強等の効果などの検証を行ないます。</p>			
No	取組目標		
①	建築物の地震振動の力学的なメカニズムを理解する。		
②	実建築物の振動について、振動計算を行ない検討する。		
③	木造軸組み住宅模型の振動特性を検討し、振動模型を設計する。		
④	使用材料の力学的性質について、材料試験等を行なう。		
⑤	部分構造模型を製作し、振動実験を行ない、模型の振動特性等を把握する。		
⑥	木造軸組み住宅の振動模型を完成させ、振動実験を行なって、耐震性能等の試験を実施する。		
⑦	安全には十分に注意して、実習を行なう。		
⑧	報告書の作成、製作した模型の展示及び発表会を行う。		
⑨	実習の進み具合や生じた問題点は、報告する。		
⑩			