

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月 2日現在

機関番号：12201  
 研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2010～2012  
 課題番号：22560555  
 研究課題名（和文）振動台実験に基づく木造立体架構のねじれ応答に地震動の入力方向が及ぼす影響  
 研究課題名（英文）Effect of Direction of Input Motion to Torsional Response Characteristics of Two storied Wooden Houses Based on Vibration Table Test  
 研究代表者  
 入江 康隆（IRIE YASUTAKA）  
 宇都宮大学・工学研究科・准教授  
 研究者番号：40114970

### 研究成果の概要（和文）：

(1) 単層木造立体架構の振動台実験から、以下のことがわかった。同一地震波に対する試験体のねじれ応答は並振時に比べ斜振時に大きくなること、また、ねじれの指標である応力増分係数は偏心率が0.15～0.3の場合に大きくなること、すなわち、この領域で現行規準のねじれ補正係数や形状係数は危険側の評価となっていることがわかった。

(2) 種々の吹き抜けを有する2層木質立体架構の振動台実験から、弱壁側に床開口が存在する場合に建物はねじれやすくなること、1Fに質量偏心がある場合には、質量偏心の影響が質量偏心のない2Fのねじれの指標である応答変位比にも現れることがわかった。応答変位比への影響は、1Fでは質量偏心による影響が大きく、2Fでは床開口による影響が大きく現れることがわかった。

### 研究成果の概要（英文）：

(1) The main results described in this study about the evaluation of torsional response based on vibration table test of three dimensional frames induced translational and diagonal direction are as follows. Torsional response induced by vibration of diagonal direction is larger than that of translational direction. Amplification coefficient of stress based on time-domain response analysis is larger than corrected torsional coefficient or shape coefficient based on static characteristics.

(2) The main results described in this study about the effect of arrangement and area of floor well to vibration characteristics of two storied wooden houses by means of vibration table tests are as follows. Specimens with floor well that situated at side of weak wall are apt to vibrate with large torsion. The relative displacements between first and second floor are apt to influenced by mass eccentricity, and those of second and third floor are apt to influenced by floor well.

### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
H22年度	2,200,000	660,000	2,860,000
H23年度	500,000	150,000	650,000
H24年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学 ・ 建築構造・材料

キーワード：地震防災

### 1. 研究開始当初の背景

(1)地震時における木造住宅のねじれ応答は、必ずしも静力学的特性だけからでは評価できない。この理由として、建物の静的剛心と地震時における実際の動的ねじれ中心とが一致しないこと、斜め入射時の建物応答特性との関係が考慮されていないことなどが考えられる。従って、現行設計法におけるねじれ補正係数、あるいは形状係数  $F_e$  によるねじれ評価は動的評価とはなっていない。

(2) 吹き抜けや階段室などにより床剛性が低い場合(柔床)には、床構面での応力の不連続、応力集中が生じねじれやすくなる。柔床に関する既往の実験的研究例として、阿川らは水平構面剛性を考慮した1層の振動台実験を行い水平構面剛性が低い場合には、床構面の剛体的なねじれ振動よりもせん断変形の方が支配的であるため地震時の十分な水平力伝達は期待できそうにないと報告している。床開口を有する木造住宅に関する実験例として、野口らは水平構面剛性と偏心率を考慮したモデルでの振動台実験を行い、水平構面剛性により変形を制御できる可能性があるとして報告している。また、解析的研究例として、小谷らは水平構面剛性を考慮した偏心率及びねじれ補正係数の提案及び検証を行っている。ところが、床開口の配置の違いに着目した実大架構を用いた振動台実験は現在のところ行われていない。

### 2. 研究の目的

(1)一軸偏心単層木質立体架構の辺方向入射時(並進)と斜め入射時(斜振)の応答特性を、振動台実験と解析結果に基づき検討し、斜め入射の影響を表す指標であるねじれ補正係数や形状係数を検討する。

(2) 2階建木造建物の2階床に開口が存在する場合に、開口の位置と大きさの違いが建物の振動特性(主にねじれ振動特性)にどのような影響を及ぼすのかについて振動台実験により弾性範囲内で検討することである。床開口による影響は、純粋な床開口による影響と床開口が存在することで生じる質量偏心による影響からなる。そこで、これらの影響の違いを実験により検討するために、以下のような試験体シリーズを用いる。(a)床開口タイプの違いによる影響のみを検討する試験体シリーズ、(b)質量偏心の影響を検討する試験体シリーズ、(c)床開口タイプと質量偏心の影響が混在した性質を検討する試験体シリーズ。以上の実験結果を総合して、床開口の配置による違いが木造建物のねじれ振動特性に及ぼす影響を明らかにする。

### 3. 研究の方法

(1)短辺方向 1820mm、長辺方向 2730mm、階高は 2730mm の一軸偏心単層木質立体架構を振動台上に設置し加振実験を行う。並進実験は試験体を振動台の辺に沿って設置し、斜振実験は辺に対して時計回りに  $15^\circ$  傾けて設置し行う。入力波は、正弦波 Sweep、正弦波、JMA 神戸波、JMA 八戸波、El-Centro 波で、3波とも最大加速度が  $300\text{cm/s}^2$  となるよう基準化した。

(2)試験体は、図1に示すような平面  $1820\text{mm} \times 2730\text{mm}$ 、階高  $2730\text{mm}$  の2層木造軸組みとし、耐力壁はねじれを生じさせるために加振方向両端に釘打ちする構造用合板の釘ピッチを変更することで編心を生じさせた。試験体のタイプは、図2(a) typeA~typeG が床開口の影響のみを検討するための試験体、同図(b) typeAWB~typeAWF が床開口を設けることで発生する質量偏心の影響を検討するための試験体、同図(c) typeAW~FW が床開口と質量偏心の影響を持つ実際の挙動を検討するための試験体シリーズである。入力地震波は、地震波の種類による影響をみるために BCJ-Lv2、El-Centro、JMA-Kobe の3種類とした。さらに、El-Centro、JMA-Kobe に関しては加振力の大きさによる違いをみるために、加振力の大きさを El-Centro で 50、100 [ $\text{cm/s}^2$ ] の2種類、JMA-Kobe で 50、100、150 [ $\text{cm/s}^2$ ] の3種類とした。弾性範囲内の実験とするため最大加速度を調整して入力した。計測装置は、層間変位を計るための変位計を4台、加速度を8台、図1に示す位置に設置した。

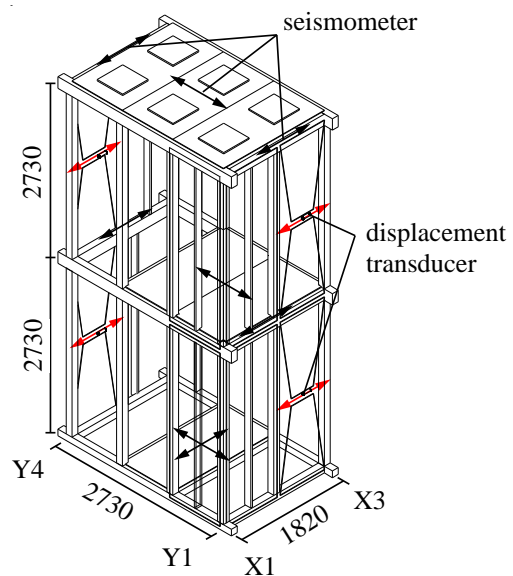
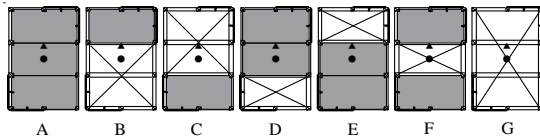
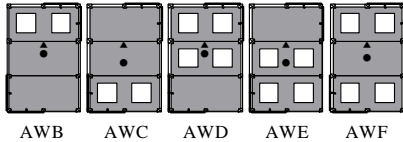


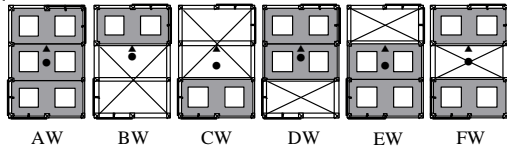
図1 試験体



(a) 床開口のみの影響を検討するための試験体



(b) 質量偏心の影響を検討するための試験体



(c) 床開口と質量偏心を合わせた影響を検討するための試験体

図2 試験体タイプ

#### 4. 研究成果

(1) 同一地震波に対する試験体のねじれ応答は並振時に比べ斜振時に大きくなる。これは、直交方向の応答の影響である。並振時においても、直交方向への応力の伝達が認められる。ねじれの指標である応力増分係数は偏心率が0.15~0.3の場合に大きくなる(図3)。すなわち、この領域で現行規準のねじれ補正係数や形状係数は危険側の評価となっている。

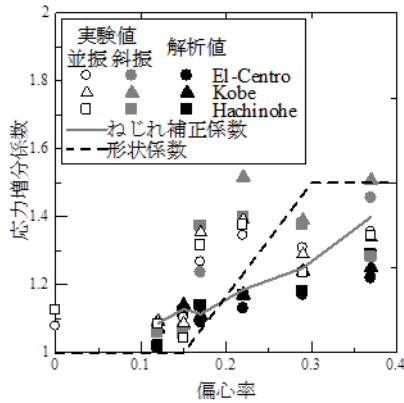


図3 偏心率と応力増分係数

(2) ねじれの指標として、強壁側 Y4 構面における層間変位に対する弱壁側 Y1 構面における層間変位の比を用いる。ここで、層間変位は、図4に示すように、50gal 入力時に0.2cm程度の大きさである。この実験は弾性範囲にとどめたので最大でも1.0cm程度であった。応答変位比は試験体のねじれ具合を表しており、大きいほど試験体はねじれているといえる。

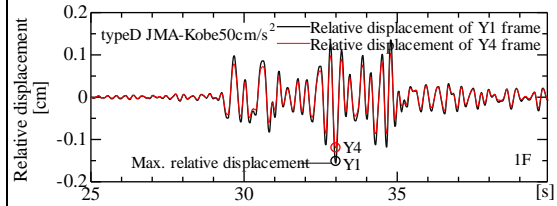


図4 弱壁側 Y1 と強壁側 Y4 における1階層間変位

開口の大きさが1階の層間変位に及ぼす影響を、図2(a)の実験結果を示す図5からみる。弱壁側開口の typeB と D を比較すると、開口の大きい typeB のほうが開口の小さい typeD より応答変位比が大きいという結果となった。これは、床開口が大きくなることで応力集中が増大したと考えられる。すなわち、弱壁側に大きな床開口が存在する場合に建物はねじれやすくなる。

次に、質量偏心が1階の層間変位に及ぼす影響を図2(b)の実験結果を示す図6からみる。弱壁側開口 (typeAWB, AWD) による質量偏心により偏心率は小さくなるため、応答変位比は小さくなる。これは、試験体シリーズ(a)の結果と逆である。このことは、弱壁側開口 (B, D) を例にとり、床開口による影響を床開口のみによる影響と質量偏心による影響に分解して検討すると、床開口のみの影響ではねじれやすくなり、質量偏心の影響でねじれにくくなるということである。

これらの影響を総合的に検討するために、無開口の typeA, AW の応答変位比を規準にとり、これに対する他のタイプの応答変位比の割合を図7, 8に示す。応答変位比への影響は、1F では質量偏心による影響が大きく、2F では床開口による影響が大きく現れることがわかる。

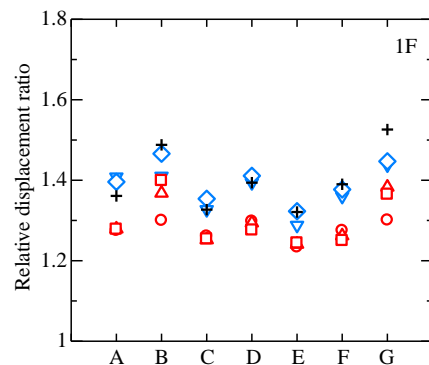


図5 床開口が応答変位に及ぼす影響 (1階)

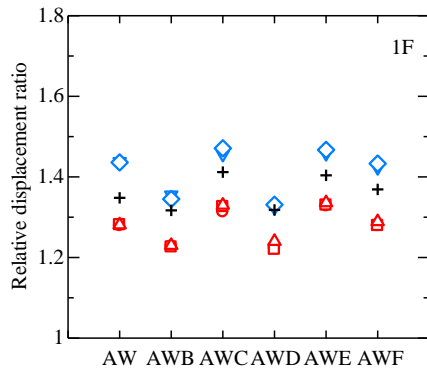


図6 質量偏心が応答変位に及ぼす影響 (1階)

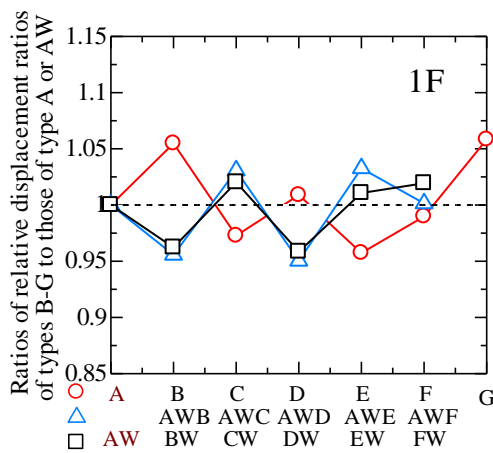


図7 無開口タイプと吹き抜けのある他タイプとの応答変位比の比較 (1階)

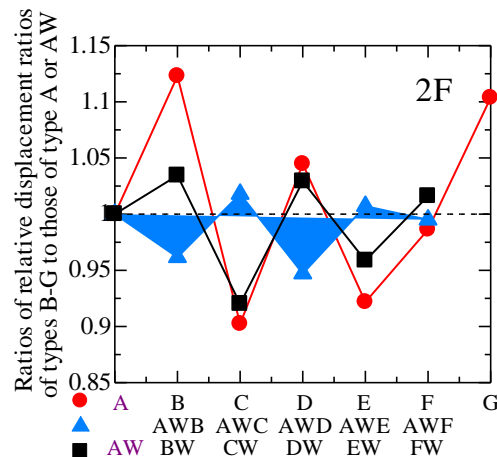


図8 無開口タイプと吹き抜けのある他タイプとの応答変位比の比較 (2階)

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

① Yasutaka Irie and Kenta Shibamura  
Effect of Arrangement and Area of Floor Well to Vibration Characteristics of Two Storied Wooden Houses  
Proc. of the 15th World Conference on Earthquake Engineering, 2012, 9

② 芝沼健太, 入江康隆  
床開口の配置と大きさの違いが2階建木造建物のねじれ振動特性に及ぼす影響  
日本建築学会構造系論文集, 77 巻, 676 号, pp.919-926, 2012. 6

③ 入江康隆, 保坂晋平  
振動台実験に基づく単層木質立体架構のねじれ応答評価  
日本建築学会技術報告集, 第 36 号, pp.511-514, 2011. 6

[学会発表] (計 2 件)

① 芝沼健太, 入江康隆  
床開口パターンの違いが2層木質立体架構のねじれ振動特性に及ぼす影響—その 2 振動台実験による床開口パターンの違いが応答変位比に及ぼす影響, 日本建築学会年次大会, 2012. 9. 12-14, 名古屋

② 芝沼健太, 入江康隆  
床開口パターンの違いが2層木質立体架構のねじれ振動特性に及ぼす影響—その 1 振動台実験による床開口パターンの違いが平面ねじれ角に及ぼす影響, 日本建築学会年次大会, 2011. 8. 23-25, 東京

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況 (計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

入江 康隆 (IRIE YASUTAKA )  
宇都宮大学・工学研究科・准教授  
研究者番号：40114970

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：