

# 地震時における非構造部材の損傷が人体に及ぼす影響

## Effects on the Human Body Caused by Earthquake-damage Non-structural Components

住居学科 山田 絢花 石川 孝重  
Dept. of Housing and Architecture Ayaka Yamada Takashige Ishikawa

**抄 録** 本稿は、先行研究にもとづく非構造部材の耐震実験のデータをもとに、層間変形角や加速度と部材損傷との関係を整理し、それらと人的被害を対応させた。結果、人的被害がどのような部材の現象と対応するののかの大枠が明らかになった。また、内装材の損傷による人的被害の影響の程度が小さいこと、内装と窓ガラスの部材損傷は層間変形角が小さい時に現れることが多いことなどが分かった。既往の実験データと人的被害に関する資料を突き合わせることで、最終的に人体に与える影響に関する指標を提示することができた。

**キーワード**：非構造部材、人的被害、層間変形角、損傷状況、文献調査

**Abstract** In this study, we analysed the relationship between story drift, acceleration, and element damage on the basis of the seismic experimental data of non-structural components up to the present, corresponding with human damage. As a result, we described the correspondence relationship of human damage caused by components. Human damage caused by interiors was noticed to be small. The phenomenon of interior and glasses of window tend to appear when the story drift angle was small. We presented an indication of effects on a human body by matching the seismic experimental data and the documentation of human damage.

**Keywords** : non-structural components, human damage, story drift angle, earthquake damage

### 1. はじめに

地震などの災害時、天井、外壁の仕上げ材、内壁、ガラスといった非構造部材が脱落する、損傷するといった被害が生じている。また構造材には目立った損傷はないが、非構造部材に被害がでて、人的被害を引き起こすほか、避難経路に影響を及ぼしたり、建物機能を損なう原因となる場合もある。これらの被害が顕著にでたのは、変位が大きい長周期型の地震であり、大変形に追従できなくなったと考えられる。

本研究では、非構造部材の耐震実験結果等をもとに、層間変形角や加速度と部材損傷の関係を整理し、人的被害と対応させることで、非構造部材の損傷が人体に及ぼす影響に関する指標の提示を試みる。

### 2. 文献調査

文献に関して、日本建築学会の論文等検索システムでキーワード検索をした。その中で、非構造部材の耐震実験結果が媒介変数とともにかかっている文献を抽出した。また、建築学会図書館でも直接文献調査を行った。

調査結果を表1に示す。表1の表頭は左から、非構造部材、その部材の種類・構法・仕上げ、参照した文献番号、媒介変数、人的被害への対応についての順でまとめた。

### 3. 分析方法

上記先行研究の非構造部材の実験データから、層間変形角や加速度と部材損傷の関係を整理し、それらを人的被害と対応させた。その方法は以下のよう。

表1 調査結果

| 非構造部材 | 部材・種類・構法・仕上げ | 参考文献             | 媒介変数  | 人的被害 |
|-------|--------------|------------------|-------|------|
| 外壁    | カーテンウォール PC  | 1)2)             |       | ○    |
|       | メタル          | 2)               |       | ○    |
|       | モルタル         | 3)4)5)6)7)       |       | ○    |
|       | ラス下地モルタル     | 8)9)             |       | ○    |
|       | サイディング       | 3)4)5)6)7)9)     |       | ○    |
| 内装    | ALC          | 1つの文献            | 層間変形角 | ×    |
|       | 挿入筋構法        | 1つの文献            |       | ×    |
|       | ロッキング構法      | 6つの文献            |       | ×    |
|       | スライド構法       | 3つの文献            |       | ×    |
|       | ボルト止め構法      | 2つの文献            |       | ×    |
| 天井    | クロス          | 4)5)6)10)11)     |       | ○    |
|       | 大壁塗り壁        | 4)10)            |       | ○    |
|       | 真壁塗り壁        | 4)10)            |       | ○    |
|       | 漆喰塗り壁        | 11)              |       | ○    |
|       | 間仕切り         | 11)12)           |       | ○    |
| 天井    | 石貼り          | ×                |       | —    |
|       | タイル貼り        | ×                |       | —    |
|       | 在来工法         | ×                |       | —    |
| 天井    | システム天井       | 13)14)15)        |       | ○    |
|       | 軒天井          | ×                |       | —    |
|       | サッシ          | 2つの文献            |       |      |
| 障子    | 2つの文献        | △                |       |      |
| ドア    | 1つの文献        | △                |       |      |
| ガラス   | 窓ガラス         | 16)              |       | ○    |
| 照明器具  | ×            | 加速度<br>加速度<br>荷重 |       | —    |
| 設備機器  | 1つの文献        |                  |       | ×    |
| 家具    | 17)          |                  | ○     |      |
| 照明器具  | ブロック塀        | 1つの文献            |       | △    |
|       | エレベーター       | ×                |       | △    |
|       | エスカレーター      | ×                |       | —    |
|       | 防火シャッター      | ×                |       | —    |
|       | 煙突           | ×                |       | —    |

人的被害への対応に関して

○対応できた ×できていない

△部材の損傷程度まで振り分けできた ー実験データ未入手

- 1) 文献<sup>18)</sup>にもとづけば、人命・身体には、軽損、中損、重損、崩壊といった被害段階がある。その被害段階で、各非構造部材にどのような現象がおきるのかに着目して、建築事故予防ナレッジベースの事故情報と傷害の程度<sup>19)</sup>を参考に、文献<sup>18)</sup>の人命・身体への被害段階をより詳しく分類し、人的被害と対応させた。軽損は被害なし、中損は軽度(自宅治療)のケガ、重損は中度(通院)のケガ・重度(入院)のケガ・死亡にあたる。
- 2) 内閣府による、災害に関わる住家の被害認定基準運用指針<sup>20)</sup>の損傷の例示を、建築事故予防ナレッジベースの事故情報と傷害の程度を参考に人的被害と対応させた。
- 3) 上記1と2を組み合わせて、各指標(層間変形

角、加速度、荷重)と損傷程度を関連付けた。

表の作成方法について、物理量として層間変形角や加速度といった媒介変数に応じた実験データである部材の損傷状況を表下部に示す。先ほど述べた人的被害に関する資料と対比することによって、表上部に5段階の人的被害を示す。媒介変数は、層間変形角を対数で表し数直線上に並べている。左端に種類・仕様構法、右端に備考、参考文献と並べている。様々な実験データを1つずつ人的被害と対応させた。それらの結果を部材の種類ごとにまとめ、本文の最後に付表1~5として掲載した。参照されたい。

#### 4. 外壁の損傷と人的被害

##### 4-1 カーテンウォール

図1はカーテンウォールの人的被害のみを抜粋したものである。図1中のカーテンウォール工事に関する文献<sup>2)</sup>内の比較では、メタルカーテンウォールよりもプレキャストカーテンウォールの方が、「中度(通院)のケガ」から「死亡」まで、層間変形角が小さい時に生じている。

鉄骨造での非構造部材の耐震実験<sup>1)</sup>では、「軽度(自宅治療)のケガ」で終わり、また、「軽度(自宅治療)のケガ」に至るのが3つの中で一番遅くなっている。

図2はカーテンウォールの重い人的被害のみを抜粋したものである。

ファスナー破断、パネルの脱落、ガラスの破損脱落は、「重度(入院)のケガ」に至ったり、「死亡」に至る場合がある。

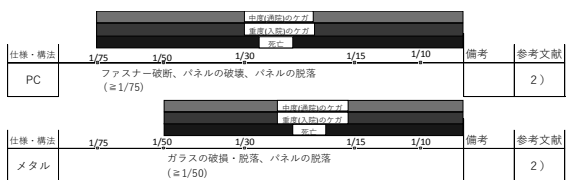


図2 カーテンウォール(重い人的被害抜粋)

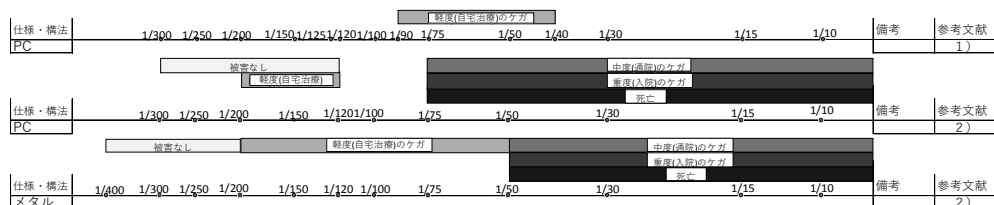


図1 カーテンウォール

### 4-2 モルタル

図3はモルタルの人的被害のみを抜粋したものである。木造軸組構法における実験的研究<sup>3)</sup>内の比較では、下地が小皿板斜め貼り合わせ画材よりもスギのラス板である方が、層間変形角の小さい時に人的被害が出始める。木質系住宅の地震時損傷状況に関する実験研究<sup>5)</sup>のモルタルは「被害なし」のみであり、この4つのデータの中で唯一の木質パネル構法である。木造軸組構法よりも木質パネル工法の方が耐震性は優れている。よって、この図のばらつきは構法の影響ではないかと考えられる。

図4はモルタルの重い人的被害のみを抜粋したものである。

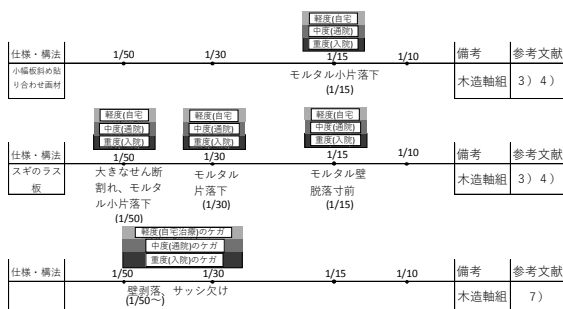


図4 モルタル (重い人的被害抜粋)

モルタル小片落下、モルタル片落下、モルタル壁脱落寸前、壁剥落は「重度(入院)のケガ」に至り、深刻な人的被害を引き起こすと考えられる。

### 4-3 ラスシート下地モルタル壁

図5はラスシート下地モルタルの人的被害のみを抜粋したものである。鉄骨造での非構造部材の耐震実験<sup>8)</sup>では、「被害なし」のみである。木造住宅の層間変形角と仕上げ部材の地震時損傷状況に関する実験的研究<sup>9)</sup>のみ、「軽度(自宅治療)のケガ」から「重度(入院)のケガ」に対応する結果になっている。3つのデータの中で唯一、木造軸組構法での実験である。また、木造軸組構法よりも鉄骨造の方が強度が高い。よって、この図のばらつきは構法の違いに起因するものと考えられる。

図6はラスシート下地モルタル壁の重い人的被害のみを抜粋したものである。

壁剥落、モルタル壁剥落は「重度(入院)のケガ」に

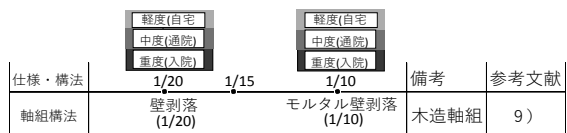


図6 ラスシート下地モルタル (重い人的被害抜粋)

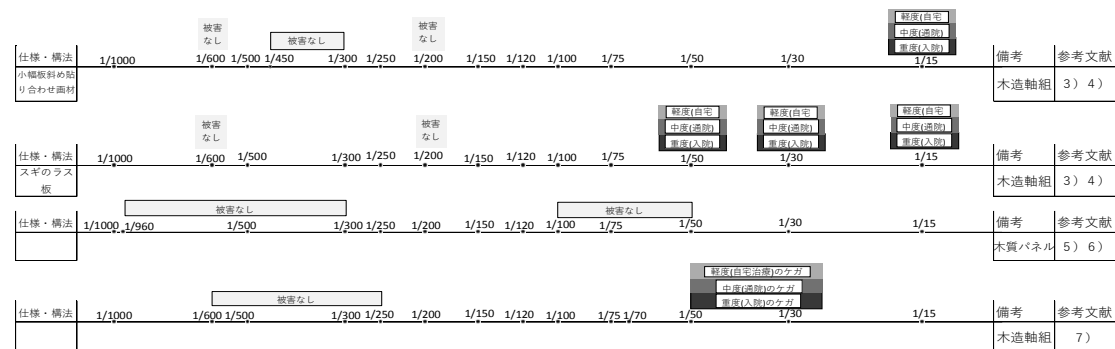


図3 モルタル

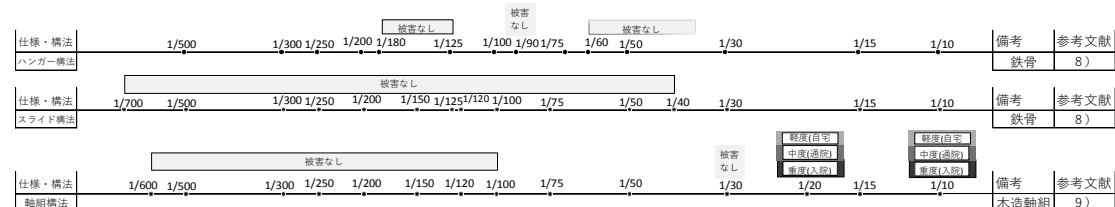


図5 ラスシート下地モルタル壁

至り、深刻な人的被害を引き起こすと考えられる。

#### 4-4 サイディング

図7はサイディングの人的被害のみを抜粋したものである。仕様が釘打ちや下地が縦胴縁の釘留め付けは、「軽度(自宅治療)のケガ」から「重度(入院)のケガ」に至る。木造軸組構法における実験的研究<sup>3)</sup>内の比較では、釘留め付けが「軽度(自宅治療)のケガ」から「重度(入院)のケガ」に渡る。これらから人的被害に至るものは、仕様が釘打ちや釘留め付けのものであり、釘が要因と考えられる。また、釘は横方向の力に強く、ビスは引き抜きの力に強い。このことから、揺れの方向により結果が変わる。

図8はサイディングの重い人的被害のみを抜粋したものである。

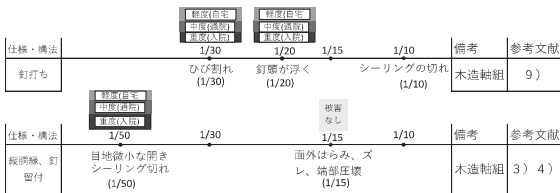


図8 サイディング (重い人的被害抜粋)

ひび割れ、釘頭が浮く、シーリング切れにより、「重度(入院)のケガ」に至り、深刻な人的被害を引き起こすと考えられる。

#### 4-5 外壁全体のまとめ

付表1を考察する。外壁全体を通して分析すると、カーテンウォールが「軽度(自宅治療)のケガ」から

「重度(入院)のケガ」まで、層間変形角が小さい時に生じている。ラスシート下地モルタル壁では、「軽度(自宅治療)のケガ」から「重度(入院)のケガ」を層間変形角が 1/20 から生じており、人的被害につながるのが一番遅い。サイディングでは、重なりはあるものの「被害なし」の範囲が一番広がっている。同じモルタル壁と比較すると、ラスシート下地がある方が部材損傷の現象も人的被害の現象も起きるのが遅い。また、モルタルは小さな層間変形角でもひびが入っており、ひびが入りやすい性質があることがわかる。

### 5. 内装の損傷と人的被害

#### 5-1 クロス仕上げ内壁

図9はクロス仕上げ内壁の人的被害のみを抜粋したものである。木造軸組構法における非構造部材の動的・静的挙動と建物の性能設計に関する実験的研究<sup>10)</sup>で、オレフィンのクロスと塩化ビニルのクロスと比べてみると、塩化ビニルの方のみ「軽度(自宅治療)のケガ」に至る。木質系住宅の地震時損傷状況に関する実験的研究<sup>11)</sup>で、オレフィンのクロスと塩化ビニルのクロスとケナフのクロスと比較してみると、オレフィンと塩化ビニルのクロスが「軽度(自宅治療)のケガ」に至る。また、JIS規格<sup>21)</sup>で、紙、オレフィン、ビニルの引張強度、引裂強度を比較すると、紙、オレフィン、ビニルの順で強度が高い。これらより、塩化ビニルは「軽度(自宅治療)のケガ」を生じやすいと考えられる。また、「軽度(自宅治療)のケガ」が「被害なし」より先に起きることが多い。これは各文献により実験条件が違うため

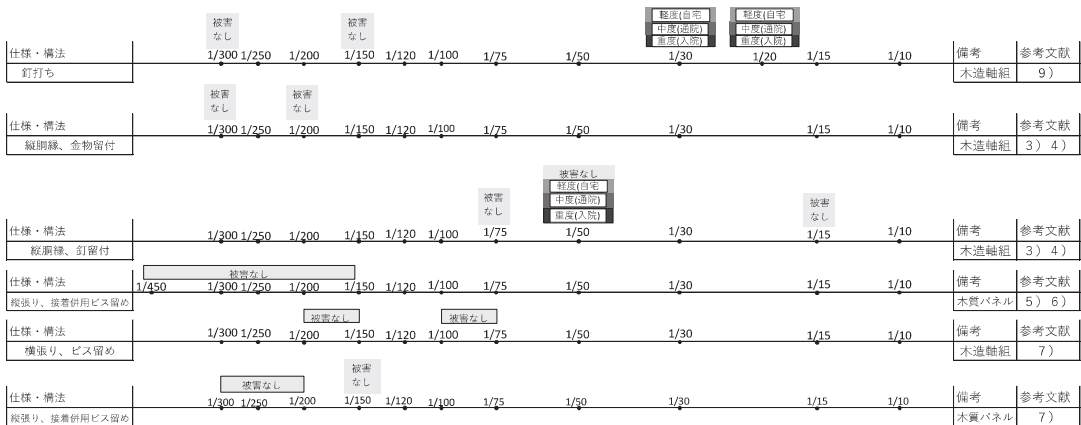


図7 サイディング

らつきが生じたと推測される。

### 5-2 大壁塗り壁

図 10 は大壁塗り壁の人的被害のみを抜粋したものである。

火山灰系の大壁塗り壁のみ、「軽度（自宅治療）のケガ」に至り、貝殻系の大壁塗り壁は「被害なし」のみである。これら結果のばらつきは、大壁塗り壁の使用材料に起因しているものと考えられる。

| 仕様・構造     | 1/500 | 1/450 | 被害なし  | 被害なし | 被害なし | 軽度    | 備考 | 参考文献        |
|-----------|-------|-------|-------|------|------|-------|----|-------------|
| 火山灰系石膏ボード |       |       |       |      |      | 1/200 |    | 木造軸組 10) 4) |
| 仕様・構造     | 1/600 | 1/500 | 1/450 | 被害なし | 被害なし | 軽度    | 備考 | 参考文献        |
| 貝殻系石膏ボード  |       |       |       |      |      | 1/200 |    | 木造軸組 10) 4) |

図 10 大壁塗り壁

### 5-3 真壁塗り壁

図 11 は真壁塗り壁の人的被害のみを抜粋したものである。

| 仕様・構造     | 1/120 | 1/100 | 被害なし | 軽度   | 被害なし | 被害なし | 軽度   | 備考          | 参考文献        |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------------|-------------|
| ジュラク石膏ボード |       |       |      | 1/75 |      |      | 1/50 |             | 木造軸組 10) 4) |
| 仕様・構造     | 1/120 | 1/100 | 被害なし | 軽度   | 被害なし | 軽度   | 備考   | 参考文献        |             |
| ジュラクラスボード |       |       |      | 1/75 |      | 1/30 |      | 木造軸組 10) 4) |             |

図 11 真壁塗り壁

ラスボードの真壁塗り壁のみ、「中度（通院）のケガ」と「重度（入院）のケガ」に至る。また、JIS規格<sup>21)</sup>で石膏ボードとラスボードの曲げ破壊荷重を比較すると、石膏ボードの方が大きい。これらより、結果のばらつきはボードの種類が関係しているものと考えられる。

図 12 は真壁塗り壁の重い人的被害のみを抜粋したものである。

開口部剥落、ラスボード脱落により、「重度（入院）のケガ」に至り、深刻な人的被害を引き起こす可能性がある。

| 仕様・構造     | 1/120 | 1/100 | 1/75 | 1/50 | 1/30 | 備考   | 参考文献   |
|-----------|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| ジュラクラスボード |       |       |      |      |      | 木造軸組 | 10) 4) |

図 12 真壁塗り壁（重い人的被害抜粋）

### 5-4 漆喰塗り壁

付表 2 の漆喰塗り壁をみると、「被害なし」のみのデータになっているが、調査数が少ないこともあり定かでない。

### 5-5 間仕切り

付表 2 の間仕切りも同様で、実験結果を人的被害に対応できたものが少なく定かではない。

### 5-6 内装全体のまとめ

付表 2 を一括すると、クロス仕上げの内壁の場合、

|            |        |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |             |      |             |       |      |  |      |  |      |  |  |                |
|------------|--------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------------|------|-------------|-------|------|--|------|--|------|--|--|----------------|
| 仕様・構造      | 1/1000 | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし        | 備考   | 参考文献        |       |      |  |      |  |      |  |  |                |
| オレフィン石膏ボード |        |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |             |      | 木造軸組 10) 4) |       |      |  |      |  |      |  |  |                |
| 仕様・構造      | 1/1000 | 1/960 | 被害なし | 軽度    | 被害なし | 軽度    | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 軽度(自宅治療)のケガ | 備考   | 参考文献        |       |      |  |      |  |      |  |  |                |
| オレフィン石膏ボード |        |       |      | 1/600 |      | 1/500 |      | 1/450 |      | 1/300 |      | 1/250 |      | 1/200 |      | 1/150       |      | 1/120       | 1/100 | 1/75 |  | 1/50 |  | 1/30 |  |  | 木造軸組、木質パネル 11) |
| 仕様・構造      | 1/1000 |       | 被害なし | 軽度    | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし        | 被害なし | 備考          | 参考文献  |      |  |      |  |      |  |  |                |
| 塩ビ石膏ボード    |        |       |      | 1/600 |      | 1/500 |      | 1/450 |      | 1/300 |      | 1/250 |      | 1/200 |      | 1/150       |      | 1/120       | 1/100 | 1/75 |  | 1/50 |  | 1/30 |  |  | 木造軸組 10) 4)    |
| 仕様・構造      | 1/1000 |       | 被害なし | 軽度    | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし        | 被害なし | 被害なし        | 備考    | 参考文献 |  |      |  |      |  |  |                |
| 塩ビ石膏ボード    |        |       |      | 1/600 |      | 1/500 |      | 1/450 |      | 1/300 |      | 1/250 |      | 1/200 |      | 1/150       |      | 1/120       | 1/100 | 1/75 |  | 1/50 |  | 1/30 |  |  | 木造軸組、木質パネル 11) |
| 仕様・構造      | 1/1000 | 1/960 | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし  | 被害なし | 被害なし        | 被害なし | 被害なし        | 備考    | 参考文献 |  |      |  |      |  |  |                |
| ケナフ石膏ボード   |        |       |      | 1/600 |      | 1/500 |      | 1/450 |      | 1/300 |      | 1/250 |      | 1/200 |      | 1/150       |      | 1/120       | 1/100 | 1/75 |  | 1/50 |  | 1/30 |  |  | 木質パネル 11)      |

図 9 クロス仕上げ内壁

「軽度（自宅治療）のケガ」が層間変形角が小さい時から生じている。ラスボードの真壁塗り壁のみ、「中度（通院）のケガ」と「重度（入院）のケガ」に至っている。漆喰塗り壁と間仕切りは、「被害なし」のみである。

部材損傷に注目すると、漆喰塗り壁がもっとも層間変形角が大きくなってからひび割れが生じている。

### 6. 天井の損傷と人的被害

図 13 は天井の人的被害のみを抜粋したものである。クロスタイプのシステム天井とラインタイプでブレースと落下防止金具なしのシステム天井は、「被害なし」のみである。ラインタイプで、ブレースと落下防止金具ありのシステム天井は、「中度（通院）のケガ」と「重度（入院）のケガ」に至っている。長尺タイプのシステム天井は、「軽度のケガ」までになっている。長尺タイプで、パーティションなしよりも有りの方が、「軽度（自宅治療）のケガ」に至る層間変形角が小さくなっている。これは、パーティションにより、天井の動きが拘束されてしまうことによると推測される。

付表 4 の全体を俯瞰する。ラインタイプのみ天井が落下している。クロスタイプでは、落下が生じていない。これは、T バーの格子組に天井板を載せる

構法であり、天井板がしっかりと支持されていたためと考えられる。

図 14 は天井の重い人的被害のみを抜粋したものである。

天井板・点検口落下により、「重度（入院）のケガ」に至り、深刻な人的被害を及ぼすものと考えられる。

|        |                     |      |               |      |
|--------|---------------------|------|---------------|------|
| 仕様・構法  | 1/50                | 1/40 | 備考            | 参考文献 |
|        | 天井板(4枚)・点検口落下(1/40) |      |               |      |
| ラインタイプ |                     |      | ブレース、落下防止金具あり | 15)  |

図 14 天井（重い人的被害抜粋）

### 7. 窓ガラスの損傷と人的被害

図 15 は窓ガラスの人的被害のみを抜粋したものである。引き違い窓は「被害なし」のみである。硬化性パテ止めはめ殺し窓は、層間変形角が小さい時に、「軽度（自宅治療）のケガ」に至り、「軽度（自宅治療）のケガ」の範囲が一番広がっている。はめ殺し窓でも、弾性シーリング止めであると、「軽度（自宅治療）のケガ」の範囲が狭くなっている。弾性シーリング止めの方が、硬化性のものより、窓枠の歪みに追随しやすいことがあり、ひび割れの発生が遅いものと考えられる。

|        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |               |           |      |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|---------------|-----------|------|
| 仕様・構法  | 被害なし   |       |       |       |       |       |       |       |      |      | 備考            | 参考文献      |      |
|        | 1/1000 | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/120 | 1/100 | 1/90 | 1/75 |               |           | 1/50 |
| クロスタイプ |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |               | 13)       |      |
| 仕様・構法  | 被害なし   |       |       |       |       |       |       |       |      |      | 備考            | 参考文献      |      |
|        | 1/1000 | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/120 | 1/100 | 1/75 | 1/60 |               |           | 1/50 |
| ラインタイプ |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      | ブレース、落下防止金具なし | 14)       |      |
| 仕様・構法  | 被害なし   |       |       |       |       |       |       |       |      |      | 備考            | 参考文献      |      |
|        | 1/1000 | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/120 | 1/100 | 1/75 | 1/60 |               |           | 1/50 |
| ラインタイプ |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      | ブレース、落下防止金具あり | 15)       |      |
| 仕様・構法  | 被害なし   |       |       |       |       |       |       |       |      |      | 備考            | 参考文献      |      |
|        | 1/1000 | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/120 | 1/100 | 1/75 | 1/60 |               |           | 1/50 |
| 長尺タイプ  |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      | 軽度(自宅治療)      | パーティションなし | 15)  |
| 仕様・構法  | 被害なし   |       |       |       |       |       |       |       |      |      | 備考            | 参考文献      |      |
|        | 1/1000 | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/120 | 1/100 | 1/90 | 1/75 |               |           | 1/50 |
| 長尺タイプ  |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      | 軽度(自宅治療)のケガ   | パーティションあり | 14)  |

図 13 天井

|                 |             |        |       |       |       |       |       |       |       |      |          |      |
|-----------------|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----------|------|
| 仕様・構法           | 被害なし        |        |       |       |       |       |       |       |       |      | 参考文献     |      |
|                 | 1/1000      | 1/500  | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/120 | 1/100 | 1/75  | 1/50 |          | 1/40 |
| 引き違い窓           |             |        |       |       |       |       |       |       |       |      | 16)      |      |
| 仕様・構法           | 軽度(自宅治療)のケガ |        |       |       |       |       |       |       |       |      | 参考文献     |      |
|                 | 1/1500      | 1/1000 | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/120 | 1/100 | 1/75 |          | 1/50 |
| 硬化性パテ止めはめ殺し窓    |             |        |       |       |       |       |       |       |       |      | 16)      |      |
| 仕様・構法           | 被害なし        |        |       |       |       |       |       |       |       |      | 参考文献     |      |
|                 | 1/1000      | 1/500  | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/125 | 1/120 | 1/100 | 1/75 |          | 1/73 |
| 弾性シーリング止めのはめ殺し窓 |             |        |       |       |       |       |       |       |       |      | 軽度(自宅治療) | 16)  |

図 15 窓ガラス

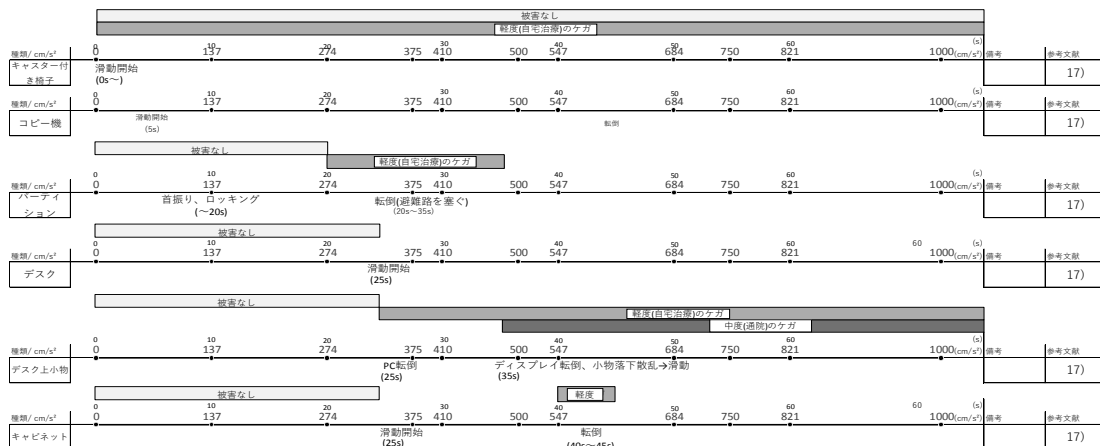


図 16 家具

## 8. 家具の損傷と人的被害

図 16 は家具の人的被害のみを抜粋したものである。キャスター付き椅子は、はじめから滑動し、「軽度（自宅治療）のケガ」の可能性が常にある。デスク上の小物のディスプレイ転倒により、「中度（通院）のケガ」に至っている場合がある。全体を俯瞰すると、家具の転倒でケガを生じやすい傾向がある。また、同様に家具の転倒により避難経路に影響を及ぼすことが懸念される。

## 9. まとめ

本論文では、先行研究にもとづく非構造部材の耐震実験のデータをもとに、層間変形角や加速度と部材損傷との関係を整理し、それらと人的被害を対応させた。結果から得られた主な知見を以下にまとめる。

- 1) 内装の損傷影響では比較的、「軽度（自宅治療）のケガ」であることが多く、それ以上のケースは少ない。
- 2) 窓ガラスの損傷影響では、「軽度（自宅治療）のケガ」が層間変形角の小さい時から生じ、かつ範囲が広い。これは、ガラスが固く、揺れに伴う窓枠の歪みに追従できないためと考えられる。
- 3) 部材の損傷現象は、窓ガラスが、層間変形角が最も小さい時に現れ、天井は層間変形角が最も大きい時に生じる。

本調査では部材の損傷と人的被害の関係を対応させることにより、非構造部材が地震時等に及ぼす人的被害の大枠の状況を明らかにした。しかしながら、本調査で対象とした部材の仕様などは一部であり、結果の解釈にその影響があることは容易に想像される。今後の研究の蓄積に期待したい。

## 参考文献

- 1) 諸橋滋巳：－日米共同大型耐震実験研究（鉄骨造）57－鉄骨造実大6層建物による非構造部材の耐震実験（その8 PC パネル），日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），昭和61年8月。
- 2) 建築技術研究会編：建築施工の要点 カーテンウォール工事，2003年4月30日。
- 3) 綿引誠：木造軸組構法における非構造部材の動的・静的挙動と建物の性能設計に関する実験的研究【その2】外装，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），2007年8月。
- 4) 大橋好光：木造軸組構法における非構造部材の動的・静的挙動と建物の性能設計に関する実験的研究【その1】実験概要，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），2007年8月。
- 5) 早崎洋一：木質系住宅の地震時損傷状況に関する実験的研究その6：損傷と層間変形の関係（壁面実験結果），日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），2004年8月。
- 6) 鶴田修：木質系住宅の地震時損傷状況に関する実験的研究（その5：実験概要と観察計画），日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），2004

- 年 8 月.
- 7) 濱崎信子：木質系住宅の地震時損傷状況に関する実験的研究その 2：損傷と層間変形の関係（外装等），日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），2003 年 9 月.
  - 8) 黒羽正行：-日米共同大型耐震実験研究（鉄骨造）60-鉄骨造実大 6 層建物による非構造部材の耐震実験（その 11 ラスシート下地モルタル壁の実験結果），日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），昭和 61 年 8 月.
  - 9) 前川秀幸：木造住宅の層間変形角と仕上げ部材の地震時損傷状況に関する実験的研究 その 1 実験概要及び外装材仕様の損傷状況，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿），2014 年 9 月.
  - 10) 石山央樹：木造軸組構法における非構造部材の動的・静的挙動と建物の性能設計に関する実験的研究【その 3】内装，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），2007 年 8 月.
  - 11) 早崎洋一：木質系住宅の地震時損傷状況に関する実験的研究その 3：損傷と層間変形の関係（内装等），日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），2003 年 9 月.
  - 12) 古賀誠一：乾式間仕切り壁の動的層間変形能の調査，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国）1999 年 9 月.
  - 13) 児房良和：-日米共同大型耐震実験研究（鉄骨造）62-鉄骨造実大 6 層建物による非構造部材の耐震実験（その 13 システム天井 2），日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），昭和 61 年 8 月.
  - 14) 佐藤宣夫：-日米共同大型耐震実験研究（鉄骨造）63-鉄骨造実大 6 層建物による非構造部材の耐震実験（その 14 システム天井 3），日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），昭和 61 年 8 月.
  - 15) 広田敬治：-日米共同大型耐震実験研究（鉄骨造）64-鉄骨造実大 6 層建物による非構造部材の耐震実験（その 15 システム天井 4），日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），昭和 61 年 8 月.
  - 16) 西田和夫：RC 造実大 7 層試験体による窓ガラスの耐震安全生に関する実験，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），昭和 57 年 10 月
  - 17) 正月俊行：長周期地震動による超高層オフィスでの家具群の地震時挙動シミュレーション，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），2015 年 9 月.
  - 18) 日本建築学会：シンポジウム『総合的な耐震安全設計の実現に向けて』資料，2001 年.
  - 19) 建築事故予防ナレッジベース：<http://www.tatemonojikoyobo.nilim.go.jp/kjkb/>，2018 年 6 月参照.
  - 20) 内閣府（防災担当）：災害に関わる住家の被害認定基準運用指針，平成 30 年 3 月.
  - 21) JISC 日本工業標準調査会：<http://www.jisc.go.jp/index.html>，閲覧 2018 年 9 月 6 日.

付表 4 窓ガラスの損傷と人的被害

| 種類   | 仕様・構造                              | 被害なし        |                        |                     |                           |       |           |                      |       |       |       | 備考   | 参考文献 |      |      |      |      |      |     |
|------|------------------------------------|-------------|------------------------|---------------------|---------------------------|-------|-----------|----------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|      |                                    | 軽度(自宅浴場のケガ) |                        |                     |                           |       | 中度(通院)のケガ |                      |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |     |
|      |                                    | 1/2000      | 1/1000                 | 1/500               | 1/300                     | 1/250 | 1/200     | 1/150                | 1/120 | 1/125 | 1/100 | 1/75 | 1/73 | 1/50 | 1/40 | 1/30 | 1/15 | 1/10 |     |
| 窓ガラス | 引き違い窓<br>固定枠のガラス<br>固定枠なし<br>固定枠あり |             | ひび割れ<br>(1/1500~1/500) | 全面に破壊進む<br>(1/500~) | ガラスの破損なし<br>(1/2000~1/40) |       |           |                      |       |       |       |      |      |      |      | 16)  |      |      |     |
|      |                                    |             |                        |                     |                           |       |           | ひび割れ<br>(1/125~1/73) |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 16) |

付表 5 家具の損傷と人的被害

| 種類/cm/s <sup>2</sup> | 0                   | 被害なし        |     |     |     |     |           |     |     |     |      | 備考  | 参考文献 |
|----------------------|---------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|------|-----|------|
|                      |                     | 軽度(自宅浴場のケガ) |     |     |     |     | 中度(通院)のケガ |     |     |     |      |     |      |
|                      |                     | 10          | 20  | 30  | 40  | 50  | 60        | 70  | 80  | 90  | 1000 | (s) |      |
| キャスター付<br>金椅子        | 滑動開始<br>(0s~)       | 137         | 274 | 375 | 410 | 500 | 547       | 684 | 750 | 821 | 1000 |     | 17)  |
| コピー機                 | 滑動開始<br>(0s~)       |             |     |     |     |     |           |     |     |     |      |     | 17)  |
| パーティション              | 首振り、ロッキング<br>(~20s) |             |     |     |     |     |           |     |     |     |      |     | 17)  |
| デスク                  | 滑動開始<br>(25s)       |             |     |     |     |     |           |     |     |     |      |     | 17)  |
| デスク上小物               | PC転倒<br>(25s)       |             |     |     |     |     |           |     |     |     |      |     | 17)  |
| キャビネット               | 滑動開始<br>(25s)       |             |     |     |     |     |           |     |     |     |      |     | 17)  |
|                      |                     |             |     |     |     |     |           |     |     |     |      |     | 17)  |



地震時における非構造部材の損傷が人体に及ぼす影響

付表1 外壁の損傷と人的被害

カーテンウォール

| 種類       | 仕様・構造 | 被害なし   |        |              |       |       |       |       |       |       |       |      | 備考 | 参考文献 |  |  |  |    |
|----------|-------|--------|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|------|--|--|--|----|
|          |       | 1/2000 | 1/1000 | 1/700        | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/125 | 1/100 | 1/75 |    |      |  |  |  |    |
| カーテンウォール | PC    |        |        | 目地ずれ (1/700) |       |       |       |       |       |       |       |      |    |      |  |  |  | 1) |
|          | PC    |        |        |              |       |       |       |       |       |       |       |      |    |      |  |  |  | 2) |
|          | メタル   |        |        |              |       |       |       |       |       |       |       |      |    |      |  |  |  | 2) |

モルタル

| 種類   | 仕様・構造               | 被害なし   |        |                               |                               |                             |                  |                              |                      |       |       |       | 備考 | 参考文献 |      |  |  |  |              |
|------|---------------------|--------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------|------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|----|------|------|--|--|--|--------------|
|      |                     | 1/2000 | 1/1000 | 1/600                         | 1/500                         | 1/450                       | 1/300            | 1/250                        | 1/200                | 1/150 | 1/120 | 1/100 |    |      | 1/75 |  |  |  |              |
| モルタル | 小振収め<br>嵌り合わせ<br>面材 |        |        | 開口部<br>ひび割れ<br>(1/600)        | 平部ひび割れ<br>(1/450~1/300)       |                             |                  |                              |                      |       |       |       |    |      |      |  |  |  | 木造軸組 (3) 4)  |
|      | スキのラス<br>板          |        |        | 開口部、<br>平部ひび<br>割れ<br>(1/600) |                               | コーナ部<br>ひび割れ<br>(1/200)     |                  | 浮き上がり<br>(1/120)             |                      |       |       |       |    |      |      |  |  |  | 木造軸組 (3) 4)  |
|      |                     |        |        | 開口上部ひび割れ<br>(1/960~1/360)     |                               | ひび割れが盛り上がる<br>(1/200~1/150) |                  | ひび周囲のモルタルが剥離<br>(1/100~1/50) |                      |       |       |       |    |      |      |  |  |  | 木質パネル (5) 6) |
|      |                     |        |        | サッシ、目地にひび<br>(1/600~1/250)    | 目地でズレ、サッシが浮く<br>(1/200~1/150) |                             | サッシ剥落<br>(1/100) | 壁面ひび<br>(1/75~1/70)          | 壁剥落、サッシ欠け<br>(1/50~) |       |       |       |    |      |      |  |  |  | 木造軸組 (7)     |

ラスシート 下地モルタル壁

| 種類      | 仕様・構造  | 被害なし   |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      | 備考 | 参考文献 |  |  |  |  |          |
|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----|------|--|--|--|--|----------|
|         |        | 1/2000 | 1/1000 | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/180 | 1/150 | 1/125 | 1/100 | 1/75 |    |      |  |  |  |  |          |
| ラスシート   | ハンガー構造 |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |      |  |  |  |  | 鉄骨 (8)   |
| 下地モルタル壁 | スライド構造 |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |      |  |  |  |  | 鉄骨 (8)   |
|         | 軸組構造   |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |      |    |      |  |  |  |  | 木造軸組 (9) |

サイディング

| 種類     | 仕様・構造        | 被害なし   |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      | 備考 | 参考文献 |  |  |  |  |              |
|--------|--------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|----|------|--|--|--|--|--------------|
|        |              | 1/2000 | 1/1000 | 1/500 | 1/300 | 1/250 | 1/200 | 1/150 | 1/120 | 1/100 | 1/75 | 1/50 |    |      |  |  |  |  |              |
| サイディング | 釘打ち          |        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |    |      |  |  |  |  | 木造軸組 (9)     |
|        | 縦筋線、金物留付     |        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |    |      |  |  |  |  | 木造軸組 (3) 4)  |
|        | 縦筋線、釘留付      |        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |    |      |  |  |  |  | 木造軸組 (3) 4)  |
|        | 縦張り、探査併用ビス留め |        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |    |      |  |  |  |  | 木質パネル (5) 6) |
|        | 横張り、ビス留め     |        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |    |      |  |  |  |  | 木造軸組 (7)     |
|        | 縦張り、探査併用ビス留め |        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |    |      |  |  |  |  |              |

