# 地震被災建物の被害度即時評価・表示技術に関する振動台実験

○正会員 日高 和幸\*1, 同 神崎 喜和\*2, 同 梶原 浩一\*3, 同 長江 拓也\*4, 同 高谷 和樹\*4,
 同 岡崎 太一郎\*5, 同 松宮 智央\*6, 同 中澤 博志\*3, 同 御子柴 正\*3

損傷モニタリング, LED, Gyro, 層間変形, 震度, 床応答

1. はじめに

2 層ユニットハウス (図 1) に JMA 神戸波を入力する振動 台実験から,被害度即時評価・表示技術の概要を紹介する。



図1 試験体2層建築(ユニットハウス)

#### 2. 技術の概要

提案する被害度即時評価・表示技術の概念を図2に示す。 計測器から得たデータをもとにリアルタイムで被害度に関連 する工学指標を計算し,あらかじめ設定した閾値をもとに被 害度を複数段階で評価する。評価の段階に対応するLEDの照 明色を白,黄,燈,赤に変化させることで周囲へ評価結果を 速やかに表示する。使用した各計測器の設置位置,および LED 照明色の制御実績を図3,図4に示す。



# 3. 実験結果

本実験では,層間変形角を被害度の指標として提案技術実 装を検証したが,計測震度,床応答スペクトルを指標とした 場合を想定した制御方法についても,考察内容を報告する。

### 3.1 層間変形角を被害度指標とした場合

本実験では2種類のGyro A, Gyro Bによる計測値を1階積 分することで,層間変形角を計算した。それぞれの仕様を表 1に示す。Gyro Bにより計測された角速度を5秒ごとに積分 とフィルタ処理(1/3~30Hz バンドパスフィルタ)を行い,累積 させて各時刻の層間変形角とした。JMA 神戸波 50%加振およ び 100%加振の時刻歴波形を図5に示す。図4 で示した各段 階のLED照明色を重ねている。層間変形角をモーションキャ プチャ(以降,M-Capture)と Wire 変位計から求めたところ, 最大値において 1.2 倍程度 M-Capture の方が大きくなった。

表 1 Gyro 仕様			
Gyro	定格容量 [rad / s]	オフセット誤差	解像度 [LSB / (rad / s)]
A	±15.71	±0.5%RO	公称値なし 2 9×10 <sup>3</sup>
Б	1.75	±0.170KO	2.9~10
力 0.00 0 0 0	□振倍率 加排 60% 100 	<u>長</u> 倍率 0% 4赤 3燈2黄 1白2黄 3 <sup>盤</sup> 2黄 4赤	の照明色) - Gyro - Wire変位計 - M-Capture
-0.06	15 20 25 1 Time [s	5 20 25	○ 表示時刻

図5 層間変形角の時刻歴波形と表示タイミング(W棟) ピーク時層間変形角の M-Capture 評価に対する Gyro 評価の 比(図6)では、10%加振時に Gyro A で差異が大きい。Gyro A は定格容量が大きい分、角速度の解像度が相対的に低いと考 えられる(表1)。最大値の比較(図7)において Gyro A, B と M-Capture との差は10%程度に収まっており、差は小さくなった。



(図 5 の表示時刻の意味するところとして)閾値を超過した時刻から,積分区間に相当する時間差の分だけ表示までに タイムラグが生じたが,南海トラフ地震の発生時に長い時間 をかけて揺れが増幅する状況下での避難誘導を実利用形態の ひとつに想定しており,実務的には即時評価・即時表示の技 術体系が成立したと考えている。

Shaking Table Test for Quick Damage Monitoring and Indication Technologies for Buildings in Seismic Disaster Kazuyuki HIDAKA, Yoshikazu KANZAKI, Koichi KAJIWARA, Takuya NAGAE, Kazuki TATKAYA, Taichiro OKAZAKI, Tomohiro MATSUMIYA, Hiroshi NAKAZAWA, Tadashi MIKOSHIBA Gyro設置位置の傾き評価と,層間変形角の差異(図8)に 関して,柱梁間を完全固定と仮定すると,式1に示すよう に層間変形角に対する比は 1.5 となる。M-Capture に基づ き,層間変形角(図3の床梁間青丸)と柱回転角(図3の燈 丸)を計算し,ピーク時の両者の平均比を図9に示す。変 形角比は 1.2 程度となった。これは,梁の変形および柱梁 接合部の固定度低下に起因するもので,加振ごとに減少 する傾向は,梁端部の損傷に起因するものである。



### 3.2 計測震度を被害度指標とした場合

3 階建て木造住宅 E-Defense 実験 (2019.2) において,1 階床 位置における加速度波形から計測震度を計算することによる 被害度評価が行われた。計測震度の計算では3方向成分(水 平2方向成分 + 鉛直方向成分)の時刻歴波形を周波数領域で フィルタ処理(図10)するが、本実験は水平1方向加振であり、 残りの2方向成分をJMA神戸波の原波から補完した;本実験 での入力成分(NS 方向)に対する残り 2 成分(EW, UD 方向) の伝達関数をそれぞれあらかじめ求めておき、計測値のフー リエスペクトルに計測方向変換フィルタとして乗じることで 疑似的に対応した(図 11)。計測震度の計算では、降順の 0.3/ムt番目を取り出す過程があるため、波形の前半部分に対 して, その時点までの計測震度を算出できる。計測開始時刻 から,算出時刻までの計測震度をReal Time 計測震度とした。 計測終了時までの全波形を、計測開始時刻から3秒おきに取 り出し求めた Post 計測震度との比較を図 12 に示す。いずれ も計測開始直後に震度が急上昇している。原波の3 方向成分 を用いた計測震度とともに計測震度最終値を図13に示す。最 大値で見ると震度1段階程度の差が生じている。震度6弱と 震度6強の差において地震被災建物の被害度が格段に大きく なるケースが多々見られるので、ここでの解像度確保への工

- \*1 文化シヤッター株式会社
  \*2 不二サッシ株式会社
  \*3 国立研究開発法人防災科学技術研究所
  \*4 名古屋大学
  \*5 北海道大学
- \*6 近畿大学

夫が評価の信頼性に重要である。



3.3 床応答スペクトルを被害度指標とした場合

屋上床位置での加速度記録を、吊り下げ天井、設備、配管 等の非構造部材に対する入力動として考え(図 14)、その床 応答スペクトル(h=5%)から特定の周期帯におけるスペクト ル振幅を天井や配管等の被害評価に使用する。10 層 RC 造骨 組 E-Defense 実験 (2018.12)で設置された吊り長さ600 mm の スプリンクラー配管の結果を参照し、0.3-0.5 sec の周期帯の 平均振幅を指標とした。実験データに基づく床応答スペクト ルを図 15 に示す。平均スペクトル振幅(図 16)では、50%加 振から 100%加振において、躯体の顕著な塑性化により加振 倍率に対して増大程度が鈍い(55 m/s<sup>2</sup>⇒75 m/s<sup>2</sup>)。100%加振 2 回目では 55 m/s<sup>2</sup>まで低下しているが、これは躯体の損傷が進 むことでスペクトルのピークが長周期側へ移ったためである。



### 4. まとめ

層間変形角を閾値とし、地震被災建物の被害度評価と LED 照明表示技術を実験検証した。事後検証で計測震度、 床応答スペクトルを閾値とする場合の手順を例示した。 今後は、複数指標評価を統合する総合評価を検討する。

Bunka Shutter Co., Ltd FUJISASH CO., LTD NIED Nagoya University Hokkaido University Kindai University