

免震建物の地震時挙動に関する研究*

その2 熊本市内免震建物のけがき記録

森 田 慶 子**
高 山 峯 夫**

Study on Behavior of Seismically Isolated Buildings during Earthquakes

Part 2. Trace data of scratch plates in Kumamoto city

Keiko MORITA** and Mineo TAKAYAMA**

ABSTRACT

The seismically isolated buildings also have shown good performance in recent some severe earthquakes. The behavior records during earthquakes are collected, and its feedback makes the performance of the seismically isolated buildings better. It is desirable to install accelerometers to collect the records, but it tends not to install it because of initial cost and running cost, etc. As an alternative to it, an installation of a scratch plate to the isolation layer is a good method to remain the trace of the building movement. In this paper, we introduce the displacement trace records of the scratch plates in Kumamoto city.

Keywords: Seismically Isolated Building, Scratch Plate, Trace Data, Isolation Layer

1. はじめに

2016年熊本地震は益城町において震度7の揺れが短期間に2度連続して観測された希有な地震であった。しかし、免震建物はこれまでの地震と同様に利用者の安全を守り、地震後も継続して利用が可能であった。地震発生時、熊本県内には工事中の4棟を含め、24棟の免震建物が建設されていた。これらの免震建物には、加速度計が設置されていなかったが、その代わりに8棟の免震建物がけがき板が設置されており、その軌跡（けがき記録）に示された振幅を測定することができた¹⁾。また、そのうち4カ所（5棟）の免震建物のけがき記録を採取した。けがき記録の概要をTable 1に示し、採取した免震層のけがき記録をFig.1に示す。オービット図は全て上向きが北である。最大片振幅は原点からの最大振幅を測った値で、最大両振幅は軌跡のPeak to Peakの寸法を測った値である。最大片振幅を用いて算出した積層ゴム支承のせん断ひずみも併せて示す。本報では、熊本市内の事務所ビルのけがき記録について分析した結果を報告する。

ん断ひずみも併せて示す。本報では、熊本市内の事務所ビルのけがき記録について分析した結果を報告する。

2. けがき記録による変位挙動の把握

けがき板には主に金属板が使用されている。そのため、版画技法のエッチングの手法を応用して、けがき板に刻まれた傷をトレーシングペーパーに写しとった。作業にはトレーシングペーパーとクレヨンを使用し、写し取ったけがき記録の読み取り点を決めて、座標を読み取りデジタル化を行った²⁾³⁾。

Table 1 本震後にけがき板に残された軌跡の概要

	用途	最大片振幅 (cm)	積層ゴム支承のせん断ひずみ (%)	最大両振幅 (cm)
①	病棟	38	245	60
	診療棟	41	240	72
②	事務所	37.5	225	74
③	倉庫	32.5	—	50
④	医療施設	46	330	90

* 令和2年5月受付

** 建築学科

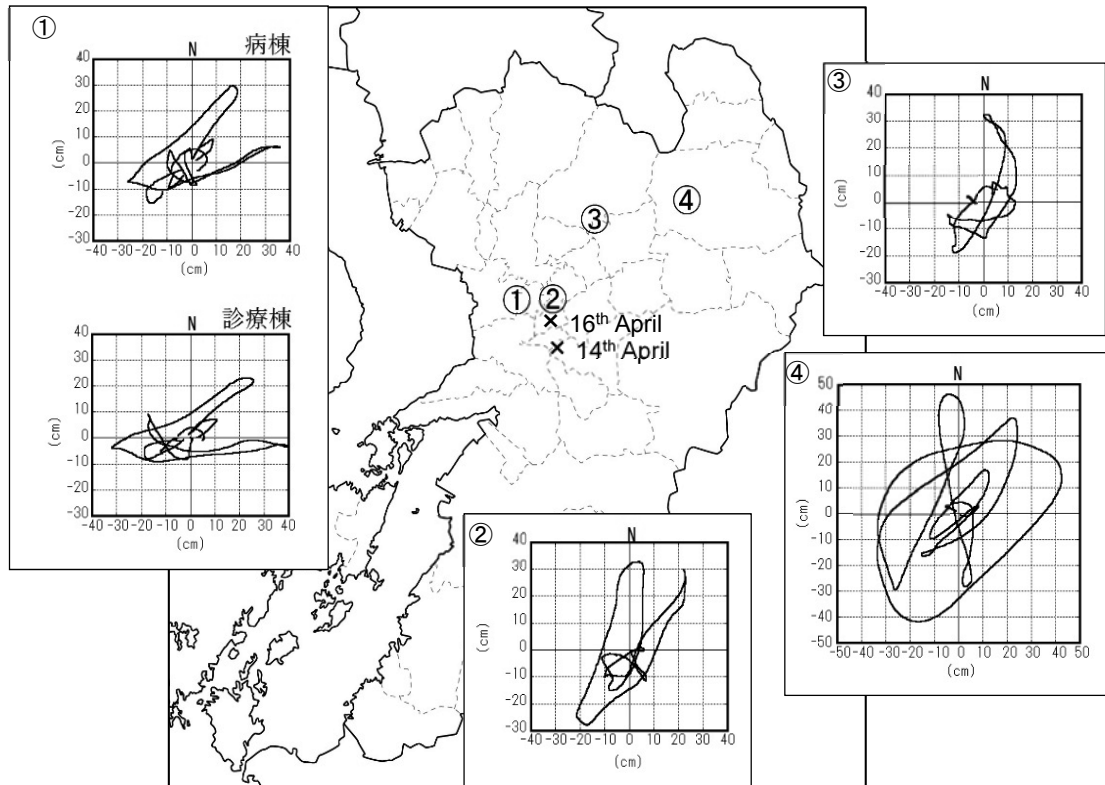


Fig.1 2016 熊本地震におけるけがき記録 (×は震源位置を示す)

3. レプリカ法によるけがき記録の確認

けがき記録をトレーシングペーパーに写しとれば、Fig.1 のように変位の位置情報を得ることはできる。しかし、地震計による記録と異なり、どのような順序で動いたかを判断することはできない。確認を行うために、機械工学の分野で金属の疲労現象を把握するために用いるレプリカ法を使ってけがき記録を観察することにした。

文献4)では、アセトンで柔らかくしたアセチルセルロースフィルムに傷を転写する方法が示されている。レプリカフィルム表面と金属表面を顕微鏡で観察した場合を比較して、レプリカ法が組織観察の評価手法として有効であることが示されている。

レプリカを採取する方法は異なるが、今回は作業の安全に配慮し、アセトンを用いずにレプリカを採取する方法を用いることにした。特殊な樹脂を溝に流し込み、台紙(バックングペーパー)にレプリカを転写する方法である。Fig.2-Fig.3 に試料採取の様子を示す。レプリカを採取する際には、必ず上を北にして採取した。レプリカ法で採取した試料は転写するため、けがき板表面と左右が反転することになる。上下の反転はない。このため、レプリカの表面写真とけがき記録を対応させて比較する場合には、撮影した表面写真を左右反転させて用いる。採取した試料は、Fig.4 に示すデジタルマイクロスコープ(HIROX HR-2000)を用いて計測・撮影を行った。

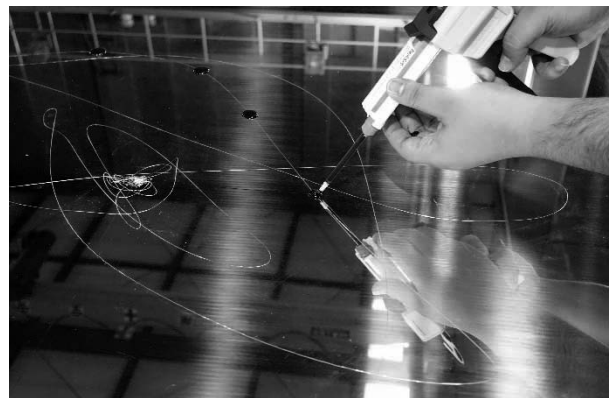


Fig.2 試料採取の様子(樹脂の流し込み)



Fig.3 試料採取の様子(バックングペーパー)



Fig. 4 デジタルマイクロスコープ (HiROX HR-2000)

4. けがき記録の進行方向確認実験

進行方向に対してけがき板の溝がどのような状態になるかを確認するために、正弦波でけがき板に傷をつける実験を行った。正弦波の周波数は 0.2Hz と 0.33Hz とし、アクチュエータでけがき棒の動きを制御した。けがき板をリニアガイドに乗せ、正弦波の入力と直交方向にほぼ一定速度で動かしている。実験の様子を Fig.5-Fig.6 に示す。入力した正弦波を Fig.7、A 点の表面写真を Fig.8 に示す。けがき棒は A 点を通る際、右から左に移動している。けがき板は磨き鋼板であるため、磨いた際の筋が表面に残っている。また、溝の両側の盛り上がっている部分の様子も確認できる。Fig.8 では、この筋や盛り上がる部分が溝に沿って右から左へ曲がっている状態が観察できる。これらを観察することによって、けがき棒の動きがわかると判断した。



Fig. 5 進行方向確認実験の様子

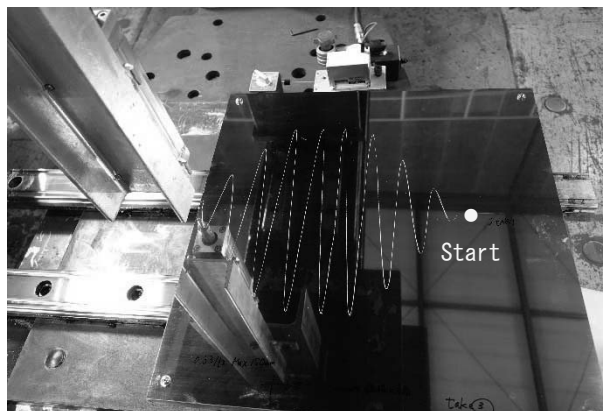


Fig. 6 けがき板の様子

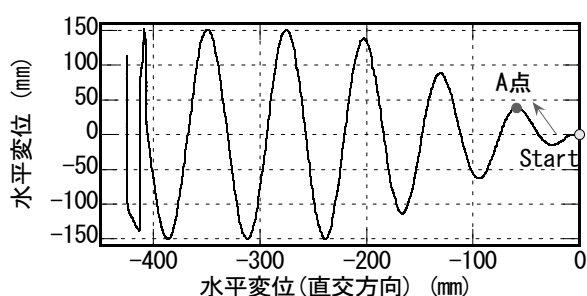
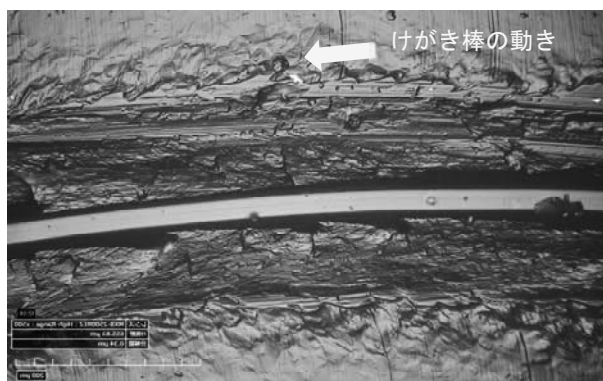


Fig. 7 正弦波 0.2Hz

Fig. 8 A 点の表面写真 (正弦波 0.2Hz, 倍率: 200 倍)
左右反転済み

5. 熊本市内免震建物のけがき記録

トレーシングペーパーに写し取ったけがき記録を Fig.9 に示す。Table 1 ②の熊本市内にある事務所の記録であり、あらかじめ試料採取点を計画している。

Fig.11 にデジタル化したけがき記録と試料採取点を示す。試料採取点を●で示す。まず、試料採取点 12 のようなけがき記録交点の表面写真からどちらが先に動いたかを判断した。その結果、試料採取点 1 付近から始まって、Fig.11 のように反時計回りの動きであると判断した。Fig.10 に示す試料採取点 6 の表面写真からも、溝の両側の盛り上がった部分が上から下に引っ張られるように変形しているのがわかり、反時計回りの動きであることを確認した。

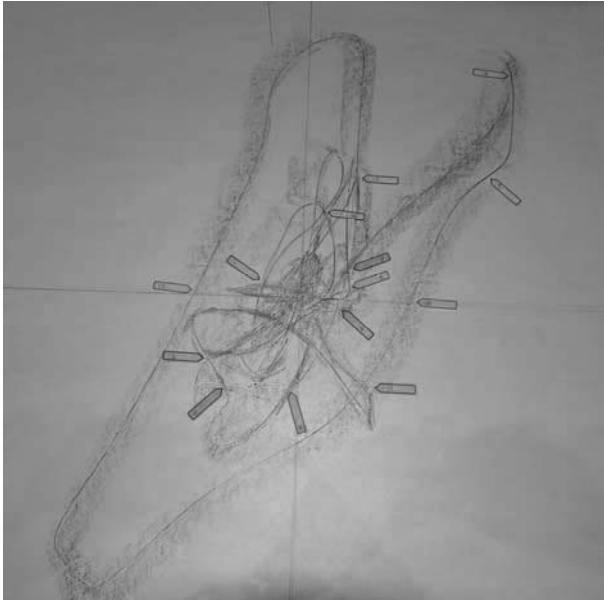


Fig. 9 写し取ったけがき記録と試料採取点の計画

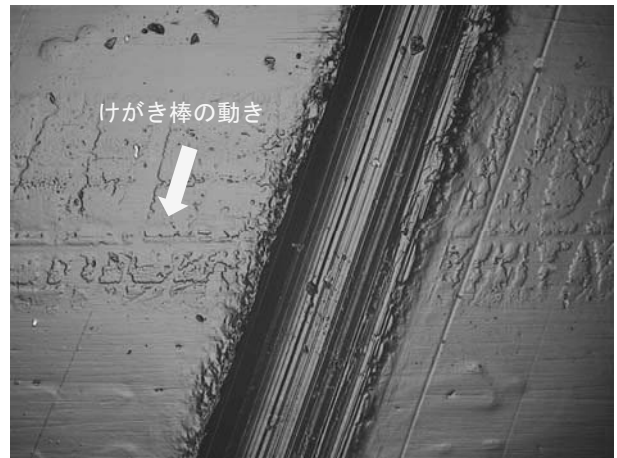


Fig. 10 試料採取点6の表面写真(倍率:200倍)

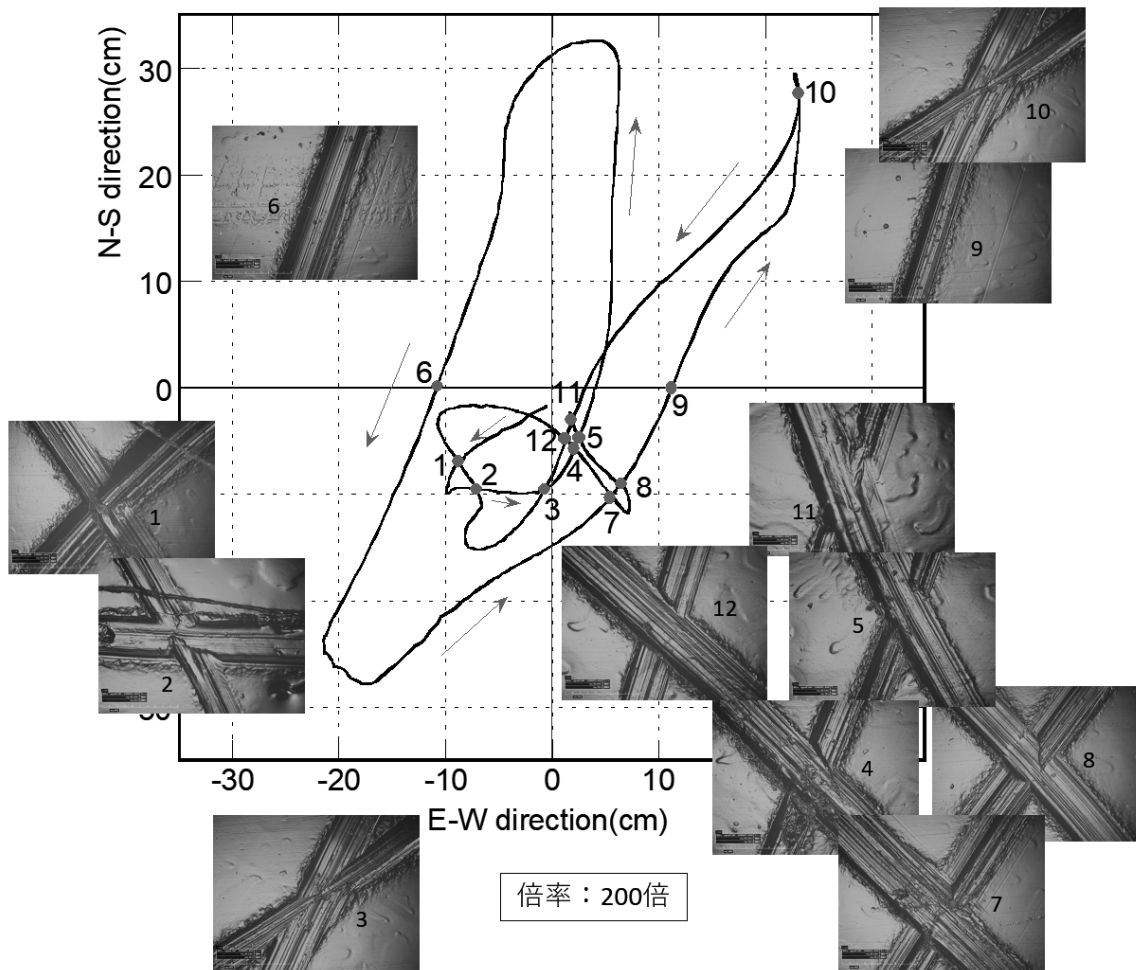


Fig. 11 事務所のけがき記録(●は試料採取点)

6. まとめ

デジタルマイクロスコープで撮影した表面写真を用いてけがき記録の分析を行った。軌跡を拡大することにより、変位の動きを概ね把握することができた。今後は、けがき記録の進行方向確認実験結果についてさらに分析を行い、傷の深さや幅と速度の関係を検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 森田慶子, 高山峯夫: 2016 年熊本地震と免震構造, 免震構造の地震時の挙動と利用者の声, 福岡大学工学集報, 第 100 号, pp.95-109, 2019.3
- 2) 森田慶子, 高山峯夫ほか: 免震建物の地震時挙動に関する研究, けがき記録から地震動変位データを採取する方法, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (北陸), 構造 II, pp.263-264, 2019.9
- 3) 森田慶子, 高山峯夫: 免震建物の地震時挙動に関する研究, けがき板から地震動変位データを採取する方法, 福岡大学工学集報, 第 103-104 号, pp.17-20, 2020.3
- 4) 横須賀常信, 関根善久: スンプ法 (レプリカ法) による金属組織観察, 溶接学会誌, 第 79 巻, 第 4 号, pp.332-334, 2010