

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	観測記録に基づくLGS間仕切り壁の応答性状の分析および振動数と減衰定数の同定
Title(English)	Analysis of response characteristics and evaluation of natural frequency and damping of LGS partition walls based on observation records
著者(和文)	萩原宙, 佐藤大樹, 陳引力, 吉敷祥一, 石原直, HUANG Yuzi
Authors(English)	Sora Hagiwara, Daiki Sato, Yinli Chen, Shoichi Kishiki, Tadashi Ishihara, Yuzi Huang
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造 , , pp. 265-266
Citation(English)	, 構造 , , pp. 265-266
発行日 / Pub. date	2025, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

## 観測記録に基づくLGS間仕切り壁の応答性状の分析および振動数と減衰定数の同定

軽量鉄骨下地	地震観測記録	非構造部材	正会員	○萩原 宙 <sup>*1</sup>	同	佐藤 大樹 <sup>*1</sup>
間仕切り壁	固有振動数	減衰定数	同	陳 引力 <sup>*1</sup>	同	吉敷 祥一 <sup>*1</sup>
			同	石原 直 <sup>*1</sup>	同	黄 鈺紫 <sup>*1</sup>

## 1. はじめに

近年、大規模な地震が発生した際は、柱や梁などの構造部材の損傷が生じていないにもかかわらず、非構造部材の落下や損傷による直接的な人的被害や、避難経路の通行妨害による二次災害などの問題が発生する事例が報告されている。これらの被害を軽減するため、地震時における間仕切り壁の応答に影響を与える、間仕切り壁の振動数や減衰を評価することは有用だと考えられる。これまでに、間仕切り壁のみを対象とした実験が行われているが、実際には周辺部材の影響も受けると考えられる。そのため、実際の建物に設置された状況での観測が有用であるが、その報告例はほとんどない。

本報では、実際の建物に設置された間仕切り壁の観測記録に基づき、間仕切り壁の動的応答性状の分析と、振動数と減衰の同定を行う。

## 2. 計測システムおよび観測地震動の概要

対象建物は、東京科学大学すずかけ台キャンパスのJ2-3棟である<sup>1)</sup>。本報では、J3棟7階の床および間仕切り壁の観測データの記録を扱う。加速度計の設置場所をFig. 1に、設置状況をFig. 2に示す。加速度計P0は床上に、加速度計P1とP2は間仕切り壁の壁面に設置されている。加速度計P1とP2はFig. 2のように床からそれぞれ1960 mm、1280 mmの高さに設置され、P0とP1、P2は平面的には約5 m離れている。加速度計のサンプリング周波数は100 Hz、カットオフ周波数は31.25 Hzである。対象の間仕切り壁は、下地がC65形@303、仕上げが12.5 mmの強化せっこうボードと9.5 mmの硬質せっこうボードの両面2枚張の仕様である<sup>2)</sup>。また、本報で扱う地震の一覧と、それぞれの地震でJ3棟の1階と2階の間にある免震層の床と7階

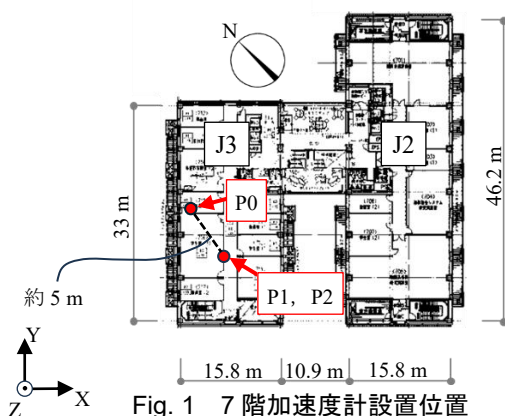


Fig. 1 7階加速度計設置位置

で計測された最大加速度をTable 1に示す<sup>3)</sup>。ここでは、Fig. 2でのXとYの2方向の最大加速度を示す。

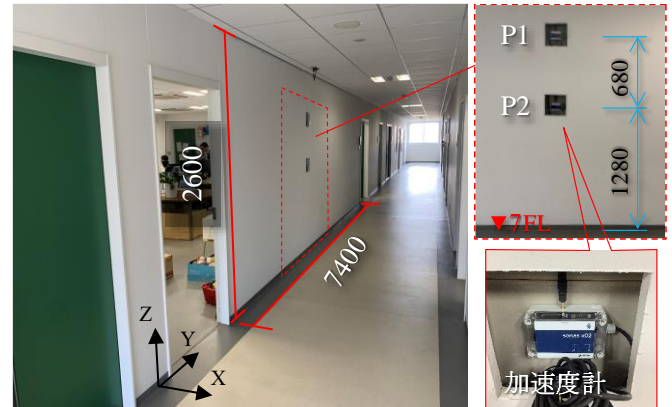


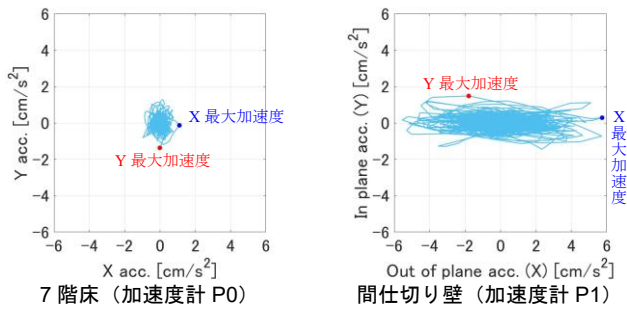
Fig. 2 観測状況写真 (単位: mm)

Table 1 対象の地震と最大加速度

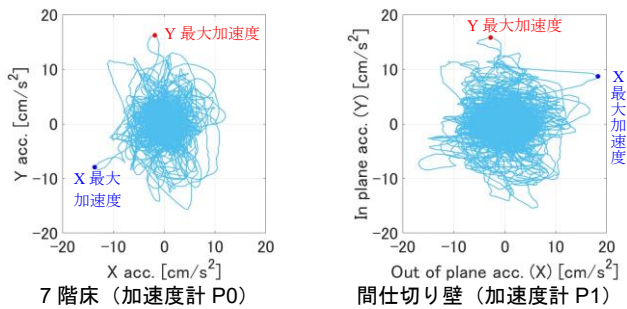
No.	地震発生時刻	免震層[cm/s <sup>2</sup> ]		7階[cm/s <sup>2</sup> ]	
		X方向	Y方向	X方向	Y方向
①	2022/03/16 23:36	13.87	10.85	13.67	16.23
②	2022/07/09 19:10	4.62	3.19	1.04	2.19
③	2022/09/03 11:54	1.82	1.10	1.04	1.66
④	2022/09/23 09:53	1.91	1.68	1.18	1.98
⑤	2022/09/30 14:58	1.49	1.48	1.27	1.41
⑥	2022/11/09 17:40	1.45	1.70	1.11	1.90
⑦	2022/11/14 17:08	2.48	2.74	2.31	2.52
⑧	2022/12/16 09:25	1.28	1.19	1.24	1.55
⑨	2022/12/27 09:09	2.31	1.31	1.11	1.37
⑩	2023/01/29 21:19	1.63	1.19	1.38	1.35
⑪	2023/05/10 11:20	2.62	2.40	1.37	1.51
⑫	2023/05/11 04:16	5.45	4.41	3.52	3.30
⑬	2023/05/26 19:03	2.41	2.82	2.37	4.04
⑭	2024/01/01 16:10	3.21	5.27	6.31	12.82

## 3. 応答性状の分析

観測された加速度オービットの例をFig. 3に示す。これらは、X方向を横軸に、Y方向を縦軸にとっており、X方向の最大加速度を青色で、Y方向の最大加速度を赤色でプロットしている。なお、X方向が間仕切り壁の面外方向であり、Y方向が面内方向である(Fig. 2)。Fig. 3(a)、(b)より、X方向とY方向が同時に最大加速度をとることはないことがわかる。これは他の地震(Table 1)でも同様であった。Fig. 3(a)では、X方向のみ床の最大加速度に対して間仕切り壁の最大加速度が強く増幅している一方、Fig. 3(a)に比べて応答の大きいFig. 3(b)では、X方向・Y方向ともに床の最大加速度と間仕切り壁の最大加速度が同程度となっていることが確認できる。応答が大きくなるとX方向の増幅が小さくなる傾向は他の地震でも同様であった。



(a)2022年12月27日の地震(地震⑨)



(b)2022年3月16日の地震(地震①)

Fig. 3 加速度オービットの例

#### 4. 振動数・減衰定数の同定

##### 4.1 同定手法

カーブフィット法を用いて、面外方向の減衰定数と固有振動数を同定する。まず、観測記録による伝達関数  $|H_{obs}|$  を式(1)に示す。本報では、式(2)に示す  $|H_{est}|$  の9つの未知数を、0 ~ 30 Hz までの  $|H_{obs}|$  と  $|H_{est}|$  の残差二乗和  $S$  (式(3)) が最小となるように同定する。式(2)の第二項は、3次よりも高次のモードを近似的に導入したものである<sup>4)</sup>。

$$|H_{obs}| = \frac{|F_{P1}|}{|F_{P0}|} \quad (1)$$

ここで、 $|F_{P1}|$ : 加速度計 P1, P2 の加速度フーリエ振幅スペクトル  
 $|F_{P0}|$ : 加速度計 P0 の加速度フーリエ振幅スペクトル

$$|H_{est}| = \left| \sum_{s=1}^3 b_s \left( \frac{1 + 2h_s \left(\frac{p}{f_s}\right) i}{1 - \left(\frac{p}{f_s}\right)^2 + 2h_s \left(\frac{p}{f_s}\right) i} \right) + \left( 1 - \sum_{s=1}^3 b_s \right) \right| \quad (2)$$

$b_s$ :  $s$  次刺激係数,  $h_s$ :  $s$  次減衰定数,  $f_s$ :  $s$  次固有振動数,  $p$ : 振動数

$$S = \int_0^{30} (|H_{obs}| - |H_{est}|)^2 dp \quad (3)$$

##### 4.2 同定結果

Fig. 4 に同定結果の例として、加速度計 P1 における面外方向 (X 方向) の伝達関数の比較を示す。Fig. 4 より、同定された値を用いた伝達関数は観測の伝達関数の特徴を捉え、良く一致していることがわかる。

Fig. 5(a), (b) に、床の面外最大加速度と同定した1次固有振動数および1次減衰定数の関係をそれぞれ示す。Fig.

5(a)より、固有振動数は床の面外最大加速度や P1, P2 によらず 7.5~8.0 Hz 程度で一定であり、平均値は 7.82 Hz であった。Fig. 5(b)より、床の面外最大加速度が小さな地震では減衰にばらつきがあるが、床の面外最大加速度が大きくなるにつれて減衰定数も大きくなる傾向がみられた。

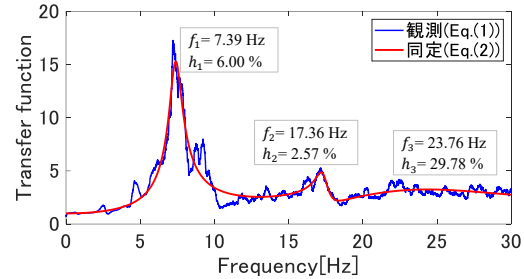
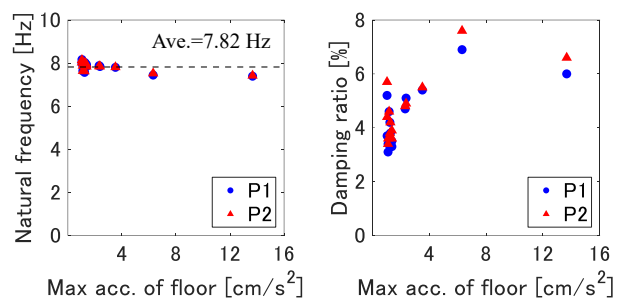


Fig. 4 伝達関数の同定(地震①)



(a)一次固有振動数

(b)一次減衰定数

Fig. 5 同定結果

#### 5. まとめ

本報では、超高層免震建物に設置された間仕切り壁の観測記録を用いて、応答性状の分析および振動数と減衰定数の同定を行った。以下に得られた知見を示す。

- (1) 応答が小さい場合は、面外方向のみ床に対して間仕切り壁の応答が強く増幅するが、応答が増大すると面外方向の応答は床の応答と同程度になる傾向が確認された。
- (2) 間仕切り壁の面外方向に関する固有振動数の同定結果は、床の最大加速度の大きさによらず一定であった。一方、減衰定数の同定結果は、床の最大加速度が大きくなるにつれて大きくなることを確認した。

#### 謝辞

本計測システムは、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (JPMJOP1723: 代表 吉数祥一) により設置されたものです。

#### 参考文献

- 1) 菊地岳史, 藤森智, 竹内徹, 和田章: メガブレースを用いた超高層免震鋼構造建築物の設計, 日本建築学会技術報告集 第 22 号, pp.217-222, 2005.12
- 2) 柳屋早延, 佐藤大樹, Alex Shegay, 吉数祥一, 石原直, 元結正次郎: 超高層免震建物の複数地震観測に基づく LGS 間仕切り壁の振動数の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.687-688, 2024.9
- 3) 萩原宙, 佐藤大樹, 陳引力, 吉数祥一, 石原直, 黄鈺紫: カーブフィット法を用いた LGS 間仕切り壁の振動数と減衰定数の同定, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp.457-460, 2025.3
- 4) 長松昭男: モード解析, 培風館, 1985.7

\*1 東京科学大学

\*1 Institute of Science Tokyo