

# 常時微動計測・振動実験・強震観測に基づく大判ガラスを有する 低層鉄骨造建物の振動特性に関する調査研究

渡壁 守正\*・脇山 善夫\*\*・稲井 慎介\*\*\*・渡壁 尚仁\*\*\*\*・山田菜々子\*\*\*\*\*・清水 齊\*\*\*\*\*

(令和2年10月22日受付)

## A Study on Dynamic Behavior of Glass Screen System of Low-Rise Steel Frame Building Based on Microtremor Observation and Vibration Experiments and Earthquake Response Observations

Morimasa WATAKABE, Yoshio WAKIYAMA, Shinsuke INAI, Takahito WATAKABE,  
Nanako YAMADA and Hitoshi SHIMIZU

(Received Oct. 22, 2020)

### Abstract

Dynamic behavior of glass screen of low-rise steel frame building has been examined by microtremor observation, free vibration test and earthquake response observations. Natural frequencies and damping ratios for lower modes are also estimated by microtremor tests, free vibration tests and strong-motion earthquake measurements. Natural frequencies estimated by the large earthquake response are approximately 15~25% smaller than those estimated by microtremor observation and free vibration test. Amplitude dependent characteristics are slightly observed in estimated natural frequencies. Vibration characteristics during several low-level earthquake responses are estimated.

**Key Words:** Glass Screen System, Low-rise Steel Frame Building, Dynamic Characteristics, Microtremor Measurement, Forced Excitation Experiment, Earthquake Response Observation

### 1. はじめに

過去の地震被害を踏まえて建築物の構造体については、建築基準法令等の改正等、様々な技術開発によって耐震性の向上が図られてきている。一方で非構造部材の地震被害は注目されることは比較的少なく、ガラスを含む開口部の地震被害としては1978年宮城県沖地震で多くの被害が報

告されており、サッシに硬化性シーリングで拘束されたガラスに構造体の変形が面内方向の変形として作用してガラスが割れている。当該被害を踏まえて硬化性シーリング材の不使用が昭和46年建告第109号の1978年改正時に規定されるなどして同種の被害報告は少なくなっている。一方、写真1のような大判ガラスを用いたガラススクリーン構法の開口部の被害が、比較的規模の小さい地震でも、主

\* 広島工業大学環境学部建築デザイン学科

\*\* 国土交通省国土技術政策総合研究所

\*\*\* 戸田建設株式会社、技術開発センター

\*\*\*\* 広島工業大学環境学部建築デザイン学科非常勤講師

\*\*\*\*\* 広島工業大学環境学部建築デザイン学科学生

\*\*\*\*\* 広島工業大学工学部建築工学科



Photo 1 Earthquake Damage Example of Glass Screen System of Low-rise Steel Frame Building<sup>2)</sup>

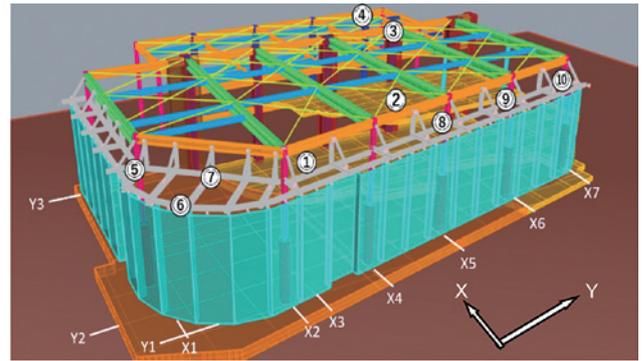


Fig. 2 Measurement point of Seismometer

Tab. 1 Seismometer table

①	1 Floor	⑥	Corner part shutter box
②	2 Floor	⑦	Corner part beam
③	2 Floor ceiling	⑧	Y1 center column
④	Garage edge	⑨	Y1 second edge column
⑤	X1 center column	⑩	Y1 edge column

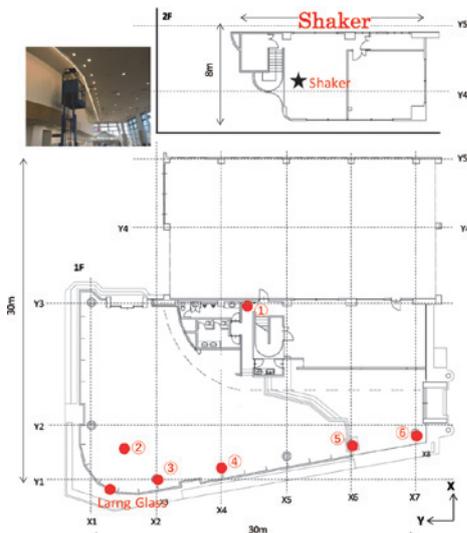


Fig. 1 Plan of Low-rise Steel Frame Building (Upper: 1 Floor, Lower: 2 Floor)



Photo 4 Setting of the upper Girder

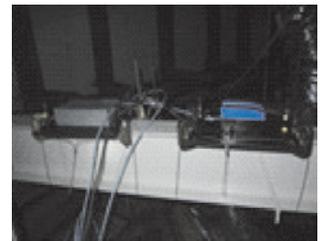


Photo 5 Setting of the upper Glass Screen



Photo 2 Measurement point of the upper Glass Screen



Photo 3 Setting of the Shaker

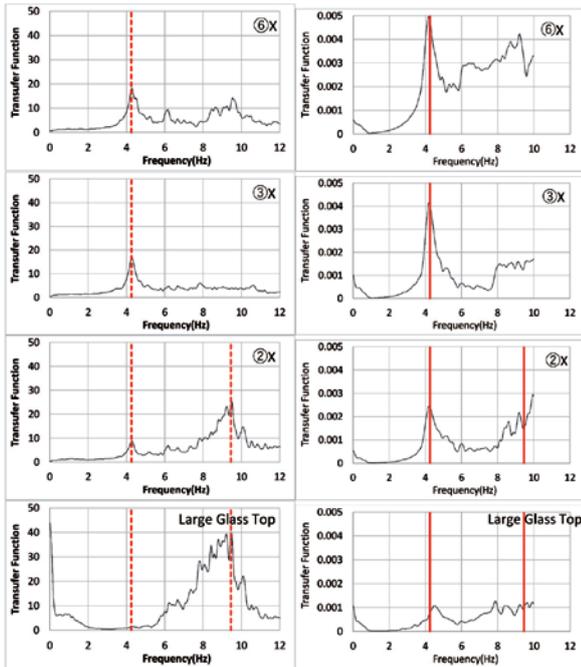
に低層鉄骨造建築物で報告されている。こうしたガラススクリーン構法の大判ガラスの振動台実験では面外方向への加振による大判ガラスの損傷を確認しており<sup>1)</sup>、大判ガラスの被害について、建物の地震時のガラス面内方向の変形に加えて動的な応答の影響の可能性を検討するために、現在、一連の調査研究を実施している。

本研究は、2011年東北地方太平洋沖地震で被害をうけた建物を対象に常時微動測定、加振実験及び強震観測等による振動特性の把握、モデル解析等による構造安全性に関

する検討、観測及び解析等を踏まえた総合的な検討を予定している。本論では、常時微動測定、加振実験及び強震観測に関する分析を基に、大判ガラスを有する建物の振動特性について検討した結果を報告する。

## 2. 対象建物及び検討の概要

研究の実施にあたっては、実際にガラススクリーン構法のガラスに地震被害を生じた建物の動的特性について、構造体を含めて把握することが重要である。このため、過去にガラススクリーンについて写真1に示すような地震被害を生じた建築物について、関係各位の協力の下に強震観測を実施する対象建物を探した。幸いにして2011年東北地方太平洋沖地震の際にガラススクリーン構法の面ガラスに地震被害を生じた低層鉄骨造建築物について観測等を実施する許可を得ることができた。同建築物の平面図はFig.1に示す。対象建物は1989年竣工であり、概ね南北30m × 30mの範囲に部分的に2階建てを有する平屋建て鉄骨造である。建築物は、西側部分については、階高が一般的な建築物の2階分に相当する中に、吹き抜け部分と2階建て部分が共存するような間取りとなっており、東側部分につ



Microtremor measurement      Vibration test  
 (a)X-direction

Microtremor measurement      Vibration test  
 (b)Y-direction

Fig. 3 Comparison between transfer function estimated from the microtremor measurement and vibration test

いては、西側部分の1階より少し高い程度の階高となっている。ガラススクリーンの被害は、北西部分の面ガラスで生じたとのことである。

### 3. 常時微動測定・加振実験及び強震観測の概要

#### 3.1 常時微動測定・加振実験の概要

常時微動測定と加振実験で対象とした測点7点の平面上の位置は Fig.1 に示す通りである。測点①は1階床上、測点②は柱間の梁上、測点③～⑥は柱上部（床上5.5m）であり、大判ガラス上部の測点は写真2に示すようになっている。大判ガラスは幅方向中央の床上1mと2.5mで計測した。測点①～⑥は東西方向（X方向）を主に計測し、測点④は南北方向（Y方向）も計測した。前章でも述べたが、本建物は2011年東北地方太平洋沖地震で測点③近傍の大判ガラスが損傷している。

常時微動測定はサーボ型加速度センサを用いた多点同時

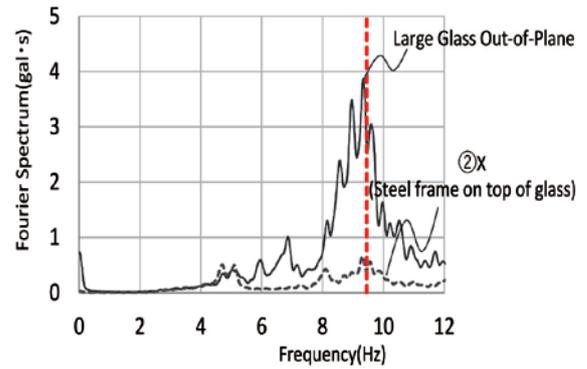


Fig. 4 Fourier spectrum of records observed on the glass screen

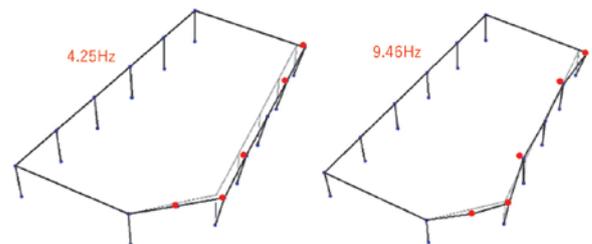


Fig. 5 Mode estimated from vibration test

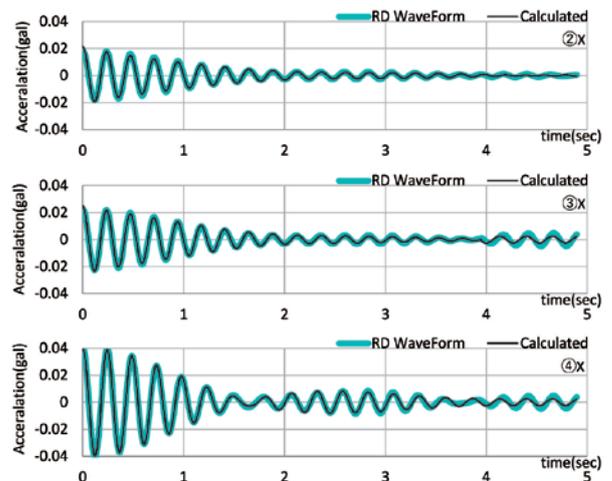


Fig. 6 Comparison of wave obtained analysis using Random Decrement Method (The microtremor measurement)

測定とし、測定時間は3分程度（減衰算出用の常時微動測定は10分間）、サンプリングは512Hzとした。加振実験では加振器（SVE-125、最大加振力490N）を2階床上に2台設置した（写真3）。1Hz～10Hzのスweep加振をX、Y方向に各120秒間行った。加振力は、加振器2台を同期・共振させることで約300Nである。

#### 3.2 強震観測の概要

地震計配置を Fig.2 に示す。地震観測は、センサ数の制限もあり、建物並進X方向（短辺方向）、Y方向（長辺方向）および上下方向の応答性状を検討できるような配置計画と

Tab.2 Dynamic characteristics estimated by the microtremor measurement and the vibration test

Mode	Microtremor measurement						Mode 次数	Vibration test			
	Point②		Point③		Point④			Point②		Point③	
	Natural frequency (Hz)	Damping ratio (%)	Natural frequency (Hz)	Damping ratio (%)	Natural frequency (Hz)	Damping ratio (%)		Natural frequency (Hz)	Damping ratio (%)	Natural frequency (Hz)	Damping ratio (%)
1	4.24	3.20	4.23	3.39	3.84	1.83	1	3.97	0.48	3.96	0.31
2	—	—	4.68	2.08	4.27	3.59	2	4.21	3.27	4.21	3.24

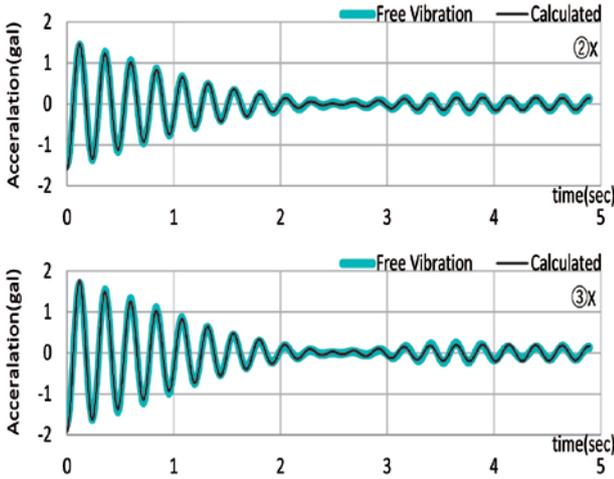


Fig. 7 Comparison of free vibration wave (the vibration test)

した。微動測定時に実施したと同様な大判ガラス上部の梁柱接合部を中心にいずれも水平 2 成分、上下 1 成分の 3 成分を配置し同時観測を行っている。地震観測開始後、微小地震から小中規模地震の記録が得られた。

写真 4 は大判ガラスを吊り下げる金具枠上部に、写真 5 は写真 4 で示した吊り下げ金具枠上部の H 形鋼にセンサを設置した様子を示す。

#### 4. 常時微動測定・加振実験及び強震観測記録の分析

##### 4.1 常時微動測定・加振実験に基づく分析

Fig.3 に常時微動測定、加振実験より算出した各測点 X,Y 方向の伝達関数を比較して示す。常時微動測定結果から算出した伝達関数は測点①を分母として、Parzen Window 0.2Hz の平滑化処理をして算出した。図より、建物（測点②～測点⑥）の卓越振動数は 4.25Hz であり、測点②では 9.46Hz にもピークが見られた。Y 方向については 3.9 ～ 4.3Hz の範囲に複数の卓越が見られた。

Fig.3 右列 (a)、(b) に加振実験結果から算出した伝達関数は加振器加速度を分母に上記同様に算出した。常時微動測定より、測点⑥では 8 ～ 10Hz にもピークが確認できる。Y 方向は 3.78Hz に明確なピークが見られた。

Fig.4 に常時微動測定から求めた大判ガラス面外方向のフーリエスペクトル (ParzenWindow0.2Hz の平滑化処理

をして算出) を示す。大判窓ガラス上部の支持鉄骨と同じく 9.46Hz 付近の振動数帯にピークが見られ、梁の振動が支持部材等を経由してガラスに伝達していると考えられる。

Fig.5 に、加振実験から得られた伝達関数から位相を考慮して算出した 4.25Hz と 9.46Hz の X 方向の振動モードを示す。

各モード図は、測定していない箇所の振幅、及び Y 方向の振幅は 0 としている。4.25Hz の振動モードは測点③から測点⑥まではほぼ同位相で同程度の振幅であった。一方、9.46Hz の振動モードは局所的な振動モードであり、建物両端の振動が増幅する傾向が確認できる。この振動モードでは測点②から測点③と測点⑥において振幅が大きく、4.25Hz の振動モードと合わせて、この部分の大判ガラスの変形が特に大きくなった可能性が考えられる。

Fig.6、Fig.7 に 10 分間の常時微動測定結果から RD 法により求めた減衰波形、加振実験より求めた自由振動波形と理論値（後述、多自由度減衰式）の比較をそれぞれ示す。短辺方向の減衰波形は概ね同じだったので、ここでは一例として X 方向の測点②、測点③と Y 方向の測点④（常時微動測定のみ）の結果を示す。

RD 波形は、卓越振動数の両側 0.3Hz 幅のバンドパスフィルタ処理後、測定時間中の記録を長さ 5 秒の区間に分け、オーバーラップ処理 (4200 回) を行って作成した。また、自由振動波形は、共振振動数の正弦波で加振後、加振器を急停止した際の波形とした。

X 方向と Y 方向が連成しているため、何れの減衰振動も単一の振動数でなく近接モード (X 方向と Y 方向) を含んだ波形となっているため、以下の多自由度の減衰式<sup>3)</sup>から最小二乗法を用いてフィッティングした。ここで、 $k$  は次数 ( $k=2$ )、 $x_{0k}$  は初期振幅、 $h_k$  は  $k$  次の減衰定数、 $\phi_k$  は  $k$  次の位相である。

$$x_k(t) = \frac{x_{0k}}{\sqrt{1-h_k^2}} e^{-h_k \omega_k t} \cdot \cos\left(\sqrt{1-h_k^2} \cdot \omega_k t - \phi_k\right)$$

$$x(t) = \sum_{k=1}^2 x_k$$

Tab. 3 List of Seismic Observation Results

No.	Date	Sismic Source	Depth of Sismic Source km	M	direction	The values of maximum acceleration in the measurement points(cm/sec <sup>2</sup> )									
						①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Eq001	2019/11/3	Off the coast of Fukushima Prefecture	30	5.1	X	12.2	19.3	-	-	-	-	-	-	-	-
					Y	9.9	10.6	-	-	-	-	-	-	-	-
					Z	4.9	3.9	-	-	-	-	-	-	-	-
Eq002	2019/12/11	Off the coast of Fukushima Prefecture	40	5.2	X	15.4	32.49	57.74	34.09	60.5	62.99	70.3	52.1	52.1	52.1
					Y	12.0	32.03	42.44	11.37	43.5	43.54	42.5	48.1	47.7	45.8
					Z	5.8	34.12	22.92	5.23	9.0	16.02	14.2	7.0	6.2	5.4
Eq003	2019/12/19	Off the eastern coast of Aomori Prefecture	50	5.5	X	2.9	4.43	6.61	5.08	7.6	7.62	9.2	5.5	5.7	6.3
					Y	3.2	5.72	6.92	3.33	6.0	6.36	6.9	6.5	6.5	6.6
					Z	0.8	3.61	2.53	1.13	1.6	1.65	1.8	1.1	1.0	1.0
Eq004	2019/12/21	Off the coast of Miyagi Prefecture	40	4	X	0.4	0.66	1.39	0.88	1.8	1.95	2.2	1.0	1.4	1.9
					Y	0.4	0.77	1.2	0.45	1.3	1.47	1.7	1.4	1.3	1.2
					Z	0.4	1.24	0.81	0.4	0.5	0.67	0.7	0.4	0.4	0.4
Eq005	2019/12/21	Off the coast of Miyagi Prefecture	40	4.1	X	0.4	0.95	2.32	0.97	1.7	1.84	2.4	1.6	1.7	1.9
					Y	0.6	0.9	1.26	0.77	1.1	1.76	2.9	1.2	1.1	1.2
					Z	0.5	1.82	1.41	0.62	1.0	1.81	2.0	1.1	1.2	2.2
Eq006	2019/12/22	Inland area of Iwata prefecture	10	4.3	X	2.5	5.05	8.19	5	6.1	6.05	7.0	6.6	6.9	8.0
					Y	1.9	4.73	5.94	2.43	6.2	7.64	8.1	6.2	6.4	6.2
					Z	2.0	6.82	4.61	1.75	2.3	4.13	4.2	2.3	1.9	2.2
Eq007	2019/12/26	Off the coast of Miyagi Prefecture	50	4.6	X	5.0	9.83	18.72	11.69	22.6	21.95	25.0	16.1	15.6	17.2
					Y	8.9	15.93	17.48	9.12	18.9	19.82	20.7	20.9	20.6	19.2
					Z	2.5	7.97	6.49	1.67	3.4	5.24	4.7	2.7	2.7	2.4
Eq008	2019/12/27	Off Sanriku	10	4.8	X	2.7	5.62	9.62	6.21	8.4	8.49	9.2	8.0	8.9	9.3
					Y	3.3	5.79	6.54	3.72	6.6	6.51	7.0	7.2	7.0	6.8
					Z	0.8	7.77	4.83	0.96	1.2	2.32	2.1	0.9	0.8	0.8
Eq009	2020/1/3	Off the eastern coast of Chiba Prefecture	30	5.9	X	0.2	0.24	0.27	0.21	0.3	0.24	0.3	0.3	0.3	0.2
					Y	0.3	0.26	0.21	0.23	0.3	0.26	0.3	0.3	0.2	0.3
					Z	0.4	0.34	0.33	0.31	0.3	0.41	0.3	0.3	0.4	0.4
Eq010	2020/2/12	Off the coast of Fukushima Prefecture	87	5.4	X	59.0	114.2	178.8	127.9	190.7	267.8	291.8	131.7	148.3	167.4
					Y	102.7	210.6	265.8	103.4	238.9	264.2	290.2	270.3	268.1	263.4
					Z	14.3	134.9	83.77	24.94	31.3	70.41	62.0	21.1	19.2	298.1
Eq011	2020/2/13	Off the west eastern coast of Etorofu Iland	160	7	X	3.3	7.6	13.19	8.58	12.1	11.13	12.8	11.0	12.4	12.8
					Y	3.3	6.31	8.38	3.62	7.5	7.24	7.7	8.2	8.0	7.5
					Z	1.5	9.51	5.84	2.02	1.7	3.99	3.9	1.5	1.5	1.5
Eq012	2020/4/18	Off the western coast of Ogasawara Iland	490	6.9	X	1.4	2.46	3.64	2.39	3.0	2.92	3.4	3.2	3.3	3.3
					Y	1.4	2.13	2.14	1.65	2.3	2.46	2.9	2.5	2.5	2.4
					Z	0.6	1.68	1.89	0.65	1.0	2.87	2.7	0.9	0.9	0.9
Eq013	2020/4/20	Off the coast of Miyagi Prefecture	50	6.1	X	23.4	53.01	88.12	55	88.4	91.15	103.1	76.5	78.2	80.1
					Y	21.2	37.83	49.71	29.21	43.1	44.15	49.2	47.6	46.2	44.8
					Z	7.2	60.13	38.59	10.2	10.1	28	25.4	8.1	8.5	7.8

各フィッティング波形から求めた固有振動数と減衰定数をまとめて表2に示す。上式から算出したX方向のモードの減衰定数は3.2～3.6%、Y方向は0.3～1.8%程度であり、特にY方向の減衰が小さかった。

図から2秒以下とそれ以降で減衰の程度に違いがあることがわかる。また、常時微動と加振実験では振幅に大きな差があるが、減衰定数に違いはなく、この程度の振幅差では、減衰定数の振幅依存性は見られなかった。

なお、常時微動の測点③の4.68Hzについては、理論式上は算出されるがどのような振動モードであるかは本測定のみでは不明である。

## 4.2 強震観測記録に基づく振動特性

### (1) 地震観測記録の概要<sup>4)</sup>

地震記録はこれまで14地震が観測されている。地震Eq001は、12月に地震観測を開始するのに先立った建物1Fと2Fの各床上に設置したセンサで観測された地震である。地震Eq001は現地調査時に簡易的に設置した簡易

地震観測のセンサ配置で観測された地震である。それ以外の地震Eq002～Eq014は振動実験時に設置された大判ガラスの配置されている上部も含む詳細配置で観測されている。観測された地震記録を横軸に1階床の加速度最大値、縦軸に各測点での加速度最大値をプロットして方向別にFig.8に示す。1階床に対してX方向では2～5倍、Y方向では2～3倍程度の増幅率で線形的に増加する傾向が確認できる。X方向では図内にコーナー部とそれ以外の測点で回帰式を求めている。大判ガラス上コーナー部⑤⑥点で大きく増幅していることが分かる。次に観測された地震の中で比較的大きかったEq.002、Eq.010の福島県沖地震(以下、単にEq.002、Eq.010と呼ぶ)での記録を対象として大判ガラス面上での挙動を考察する。Fig.2に示したY1軸通りの両端部での変位記録の相関をEq002とEq010の地震で比較したものをFig.9(a)、(b)に示す。いずれも測点⑦を基準として横軸に、縦軸に測点⑩のX方向変位、Y方向変位をプロットしている。両端部の揺れが同位相であればほぼ45°の挙動をするはずである。Y方向の揺れは、

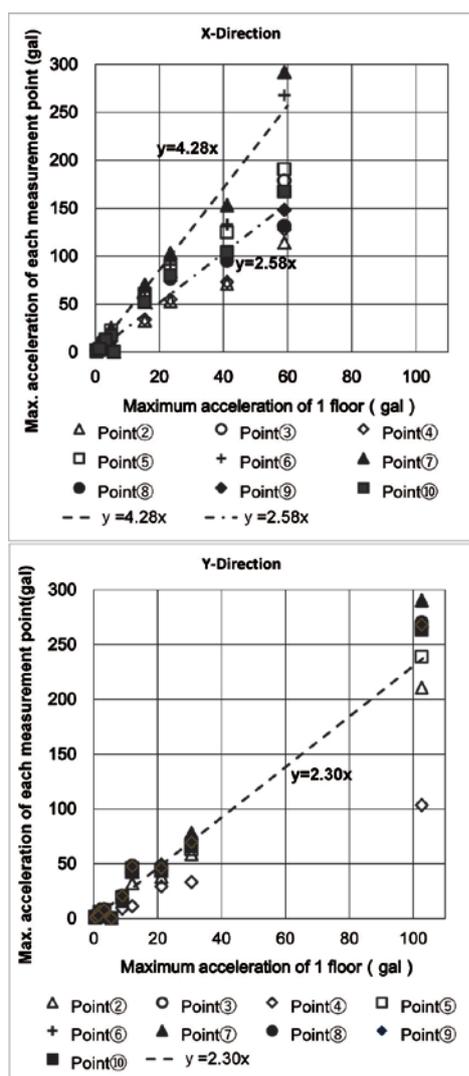


Fig. 8 Maximum acceleration response vs Maximum input acceleration

同位相で揺れる傾向があるが X 方向の揺れは、振幅が大きくなると 45°の線から外れねじれを伴う振動をしていることが確認できる。

## (2) 応答倍率

地震 Eq010 について、大判ガラス上部を中心に X,Y 軸通りに配置した躯体ラーメンを対象として、測点①（1階床）を基準に求めたスペクトル比の一例を Fig.10 に示す。Fig.10 より、1次固有振動数は、X 方向、Y 方向共に 3.7 ~ 3.8Hz にピークがみられる。また、X 方向では 2.9Hz ~ 3.4Hz、Y 方向では約 3.1Hz で、ほとんどの測点においてピークが表れている。特に X 方向の測点ではピークの位置でばらつきが目立っており、ねじれを含め複雑な挙動をしていることが確認できる。また、測点⑥⑦（コーナー部付近）では 7.4 ~ 8.8Hz に卓越するピークが確認できる。これらの結果は、常時微動測定結果より推定した値とも整合した結果である。

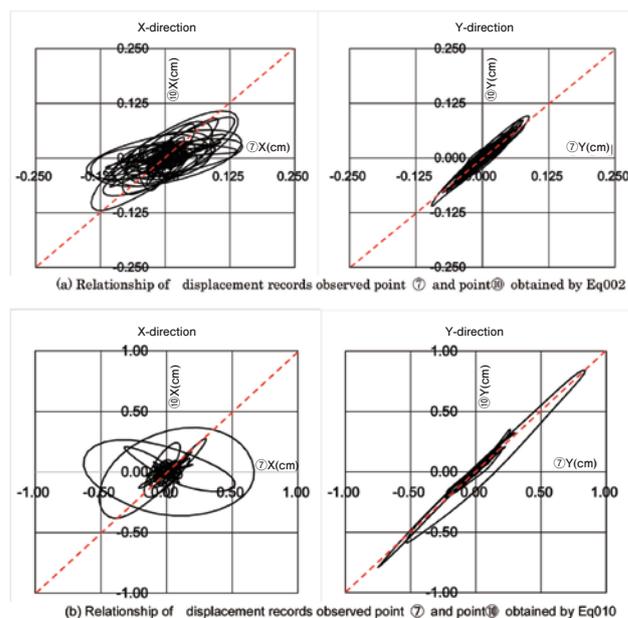


Fig. 9 Comparison of relationship of displacement records observed by Eq002 and Eq010

残り 12 個の各地震観測記録から同様にスペクトル比を求め、固有振動数および応答倍率を推定した。横軸に 1F 最大加速度値を取り、1次応答倍率を各測点ごとに平均値と標準偏差を求め比較したものを Fig.11 に示す。図より、測点⑥、⑦（コーナー部付近）の応答倍率はいずれの地震においても他の観測点と比較すると値が大きく増幅していることが分かる。大判ガラスを用いたガラススクリーン構法で構成されているため揺れやすくなっていることが考えられる。

## (3) 固有振動数・減衰定数

Fig.10 に示したスペクトル比に関してもう少し考察を加える。測点①~④は躯体におけるスペクトル比であり、並進1次固有振動数は X 方向で 3.4Hz 前後、Y 方向で約 3.1Hz であり、X 方向では大きくばらつき明確なピークが読み取りにくい。測点⑤~⑩は大判ガラス面に沿うように配置したスペクトル比であり、並進1次固有振動数は X 方向で 3.4Hz 前後、Y 方向で約 3.1Hz でありどの測点でも躯体と同様に、ピーク近傍にばらつきが確認できる。常時微動、強制加振実験結果<sup>5)</sup>では、単一のピークしか存在しなかったが、複数のピークが表れており、複雑な挙動をしていることが分かる。また、2次の固有振動数はさほど目立ったピークは表れていないが、7.0Hz 前後で確認できる。さらに測点⑥、⑦のコーナー部付近 X 方向に、微動計測で確認された 9.5Hz 前後で大判ガラスの面外挙動の影響が表れていることが確認できる。地震記録から推定した各測点センサ設置位置の X、Y 方向の固有振動数、減衰定数と 1F 最大加速度値との関係を Fig.12 (a), (b) にそれぞれ示す。地震記録の減衰定数は各地震についてスペクトル比を求

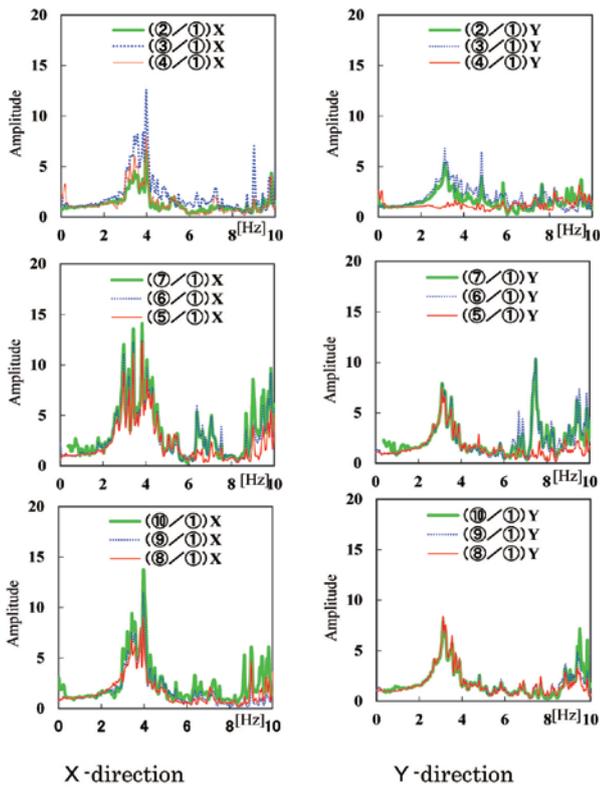


Fig. 10 Fourier spectrum ratios of strong motion record (Eq010)

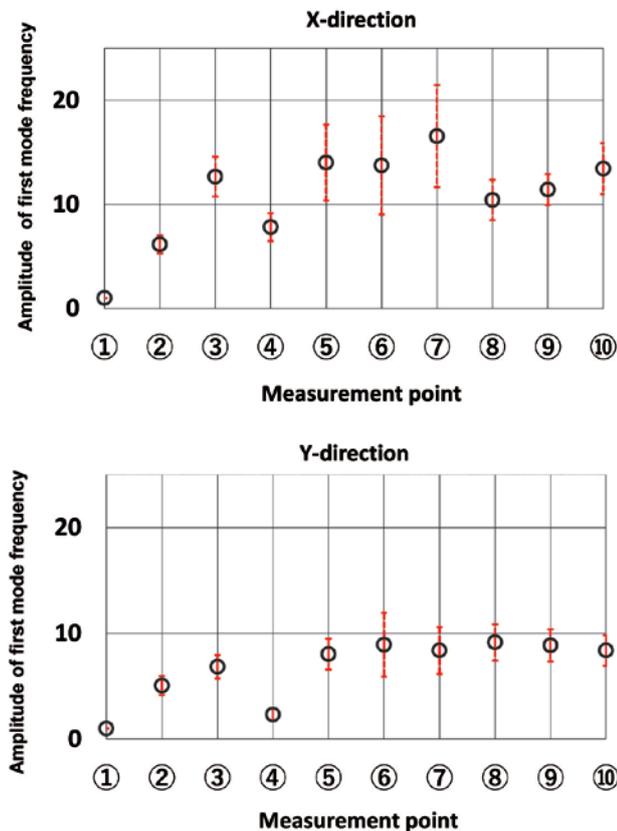


Fig. 11 Comparison of amplitude of first mode frequency estimated by Fourier spectrum ratios (13 Earthquakes)

め、1自由度系の理論伝達関数でカーブフィットを行って求めた。地震記録では固有振動数におおむね振幅依存性が確認できたが、減衰定数の推定値は2.0%~5.0%とばらつき、明確な傾向は確認できなかった。なお、減衰に関しては、観測された地震記録において1Fの入力地震動の大きさが均等に包含できる4地震を選択して評価した。

## 5. まとめ

本論では、大判ガラスを有する建物の振動特性を調査するため、常時微動計測、加振実験および強震観測を実施し、それら分析結果に基づき振動特性の検討を行った。得られた結果を以下に示す。

- 1) 常時微動、加振実験から得られた建物の固有振動数は、X方向で4.25Hz程度、Y方向で3.9Hz程度であった。また、減衰定数はX方向で3.2~3.6%、Y方向で0.3~1.8%程度であり、特にY方向において小さい傾向が見られた。
- 2) 地震観測記録により得られた固有振動数は、入力地震動の大きさによりX方向で3.7~4.8Hz、Y方向で3.0~4.6Hzと変動している事が確認できた。減衰定数は、X方向で2.0~4.5%、Y方向で2.5~5.0%程度であり、入力の大い地震ではX方向のばらつきが顕著であった。
- 3) 固有振動数は、地震の規模による振幅依存性の傾向が少なからず確認されたが、減衰定数に関してはばらつきが大きく明確な傾向は確認できなかった。
- 4) モード形状については、大判ガラス上部での応答倍率は、コーナー部付近で大きく増幅される傾向が確認できるなど、常時微動、地震観測でほぼ同一の傾向を示した。この傾向は大判ガラスを有するガラススクリーン構法での建物の特徴づける振動特性と考えられる。

今後も地震観測を継続すると共に、期間中に観測される強震観測結果を踏まえた解析モデルを作成し、地震応答解析を実施することで大判ガラスの損傷メカニズムおよび被害低減のための設計上の配慮事項を検討する予定である。

## 参考文献

- 1) 石田琢志、脇山善夫、渡壁守正：ガラススクリーン構法の地震時面外挙動に関する振動台実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、2015.9.
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所：岩手県沿岸北部の地震建築物被害調査報告、2008年.
- 3) 西畑尚、福和伸夫、飛田潤：近接固有値による連成うねり振動を考慮した減衰推定手法、日本建築学会東海支部研究報告集、第42号、2004.2.

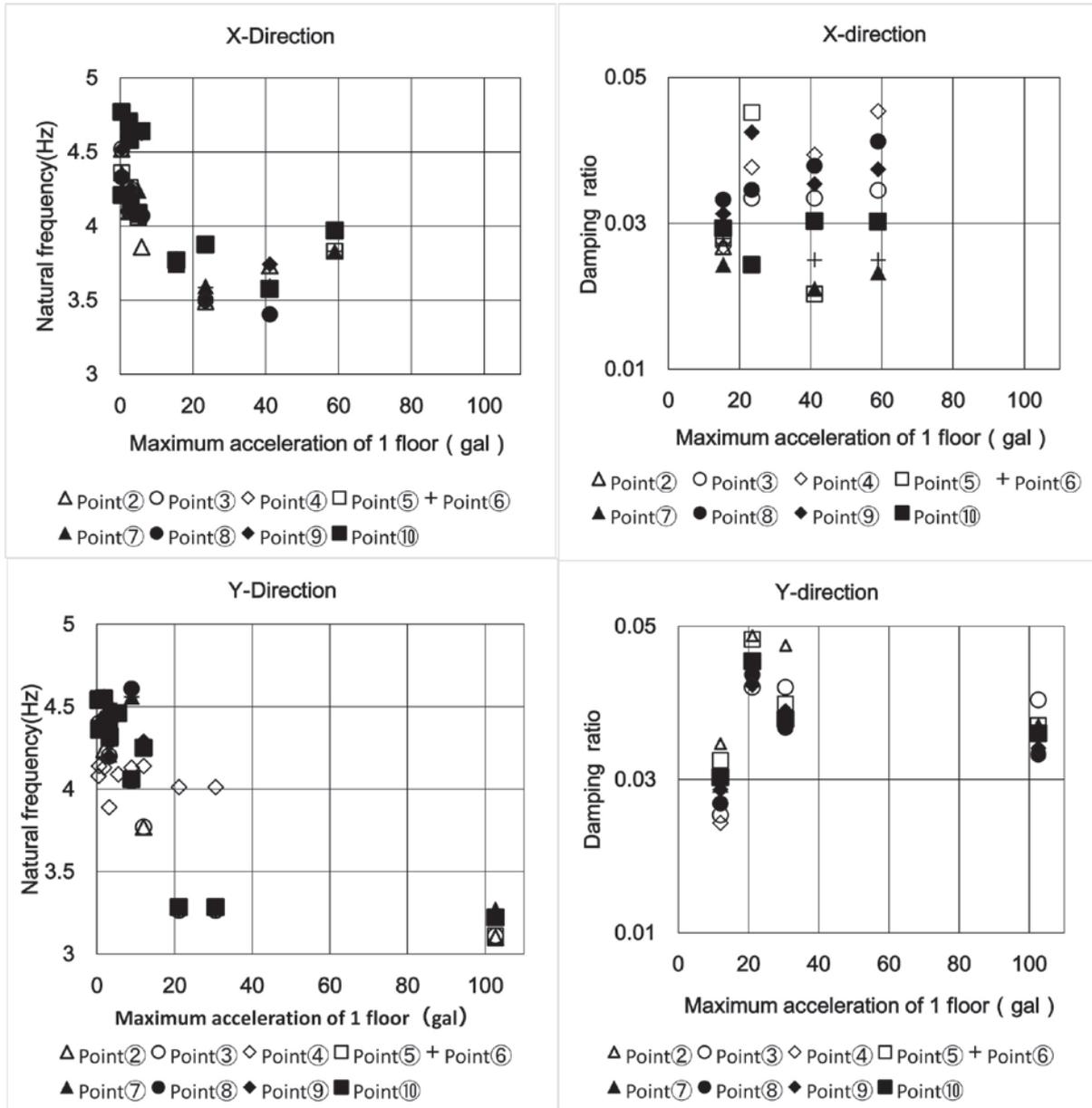


Fig. 12 Maximum acceleration response vs natural frequency and damping ratio

- 4) 渡壁守正、脇山善夫、小林礼奈、山田菜々子、稲井慎介、清水齊：大判ガラスを有する低層鉄骨造建物の振動特性に関する調査研究（その3）強震観測に基づく建物の振動特性、日本建築学会学術講演梗概集、構造Ⅱ，pp. 565-566, 2020.9.
- 5) 小林礼奈、稲井慎介、渡壁守正、脇山善夫、清水齊：振動実験・強震観測に基づく大判ガラスを有する低層鉄骨造建物の振動特性に関する調査研究（その3）常時微動計測・加振実験に基づく建物の振動特性、日本建築学会中国支部研究報告集，第43巻，材料施工，pp. 9-12, 2020.2.

## 謝 辞

本研究はJSPS 科研費 JP19K04703 の助成を受けたものである。強震観測の実施にあたりましては、(株)エイターの加地正明様、若目田美冨様をはじめ各方面の関係各位のご協力を頂いている。また、データ収集は、2018年度 SINET 広域データ収集基盤実証実験【採択ID：34】の一環であり、SINET「広域データ収集基盤」を利用している。ネットワーク構築には、東京大学地震研究所 楠浩一教授、鶴岡弘准教授にご指導とご助言をいただきました。解析の一部には、国立研究開発法人建築研究所の viewwave ソフトを使用しました。

ここに記して感謝の意を表します。