

歴史的組積造建物の耐震性能評価に関する研究

正会員 ○藤井 大智* 同 大石 健介**
同 宇野 瑞穂** 同 崔 琥***

歷史的組積造建物	面內耐震性能	面外耐震性能
構造耐震指標	q 指標	微動計測

1. はじめに

日本国内では歴史的に価値がある組積造建物が多く存在しているが、耐震性能を把握していない建物も多い。

そこで本研究では、静岡県内に現存する歴史的レンガ造建物の耐震性能がわかっていないものを対象として、レンガ造建築物の耐震診断基準および微動計測を通じて、対象建物の面内・面外耐震性能および固有周期・モードなどの振動特性を明らかにする。

2. 現地調査による対象建物の詳細

対象建物は 1900 年（明治 33 年）に建設された静岡県菊川市に現存する歴史的レンガ造建物で、菊川市富士製茶倉庫として使用された。その後、1991 年（平成 3 年）まで薬局倉庫として使用されたが、現在は展示場となっている。写真 1 に対象建物の外観を、表 1 に対象建物の寸法を、図 1 に平面図をそれぞれ示す。

3. 対象建物の耐震診断

本研究では『煉瓦造建築物の耐震診断規準改訂第2版』を準用し対象建物の面内および面外耐震診断を行った¹⁾。表2の結果から、壁体の面外耐力は1階がすべての構面で不可となり、表3および表4の結果から、構造耐震指標およびq指標による面内耐震性の判定結果ともに両方向で1階が不可となった。以上の結果から、1階はすべての診断結果において不可となったため、継続使用のためには耐震補強などの措置が必要であろう。各計算式は文献1)を参考されたい。

4. 常時微動測定

4.1 測定位置

測定位置は、図 2 に示す全 10 ケースとし、各計測ケースについて多点同時計測を実施し、各測定点について 3 成分（水平 2 成分、鉛直 1 成分）を 2 回ずつ計測した。

計測ケース 1, 2 は、建物の固有周期および各階における高さ方向のモード形状を推定することを目的としたもので、1 階、2 階の床レベル、天井レベルで 1 点ずつ測定した。

計測ケース 3, 4 は, スウェイ率・ロッキング率を調べることを目的とした計測である.

計測ケース 5～9 は、1 階、2 階、天井レベルの建物全体としてのねじれ振動および平面剛性を把握することを目的としたもので、1 階、2 階、天井レベルの 4 隅でそれぞれ 1 点ずつ計測を行った。

計測ケース 10 は、本建物周辺の地盤の振動特性を把握することを目的とした計測した。

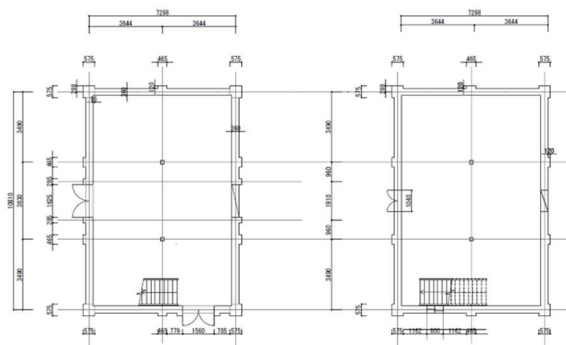


(a)南側 (b)東側

写真 1 対象建物の外観

表 1 対象建物の各寸法

東西方向(mm)	10,810	床高(mm)	470
南北方向(mm)	7,288	1階階高(mm)	3,445
建築面積(m ²)	78.78	2階階高(mm)	3,205
延床面積(m ²)	157.57	最上高さ(mm)	9,561



(a) 1 階 (b) 2 階

図1 対象建物の平面図 (単位: mm)

表2 面外耐力の判定結果 (両端ピン)

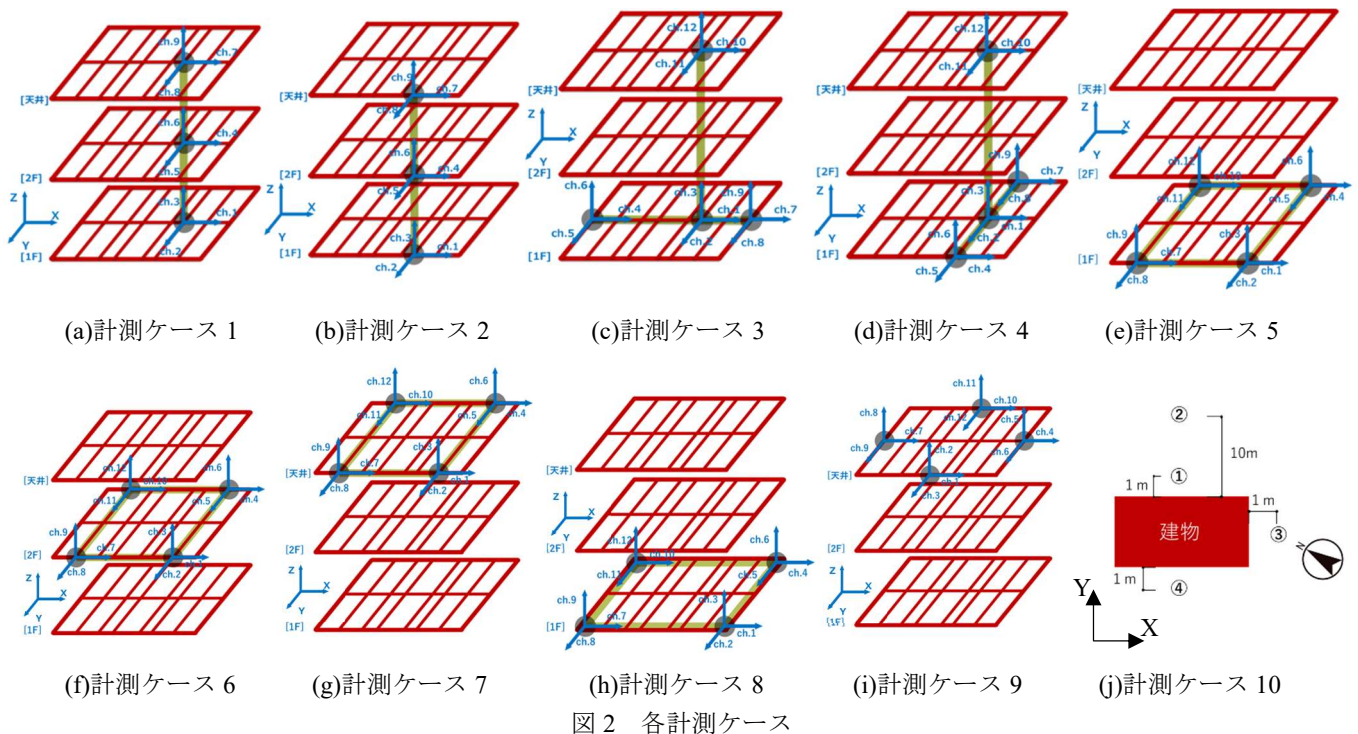
階数	壁方向	軸力による圧縮応力 σ_c (N/mm ²)	面外曲げモーメント M(kN・m)	断面係数 Z(cm ³)	曲げによる応力 σ_b (N/mm ²)	引張応力 $\sigma_t = \sigma_c + \sigma_b$ (N/mm ²)	引張耐力 (N/mm ²)	判定
1階	東	0.12	207.79	0.24	0.88	0.74	0.45	不可
	西	0.14	138.37	0.21	0.96	0.83	0.45	不可
	南	0.15	138.37	0.13	1.06	0.91	0.45	不可
	北	0.13	145.83	0.16	0.89	0.76	0.45	不可
	東	0.05	67.59	0.24	0.28	0.24	0.45	可
2階	西	0.05	66.55	0.22	0.30	0.25	0.45	可
	南	0.05	45.46	0.15	0.31	0.26	0.45	可
	北	0.05	47.44	0.16	0.29	0.24	0.45	可

表 3 構造耐震指標による判定結果

階数	壁方向	保有水平耐力 Q ₀ (kN)	重量 ΣW(kN)	l _{s1}	l _{s2}	構造耐力指標 min(l _{s1} , l _{s2})	構造耐力判定指標 l _{s0}	判定
1階	X方向	3215	1517	0.92	0.36	0.36	0.60	不可
	Y方向	2003	1517	0.57	0.34	0.34	0.60	不可
2階	X方向	3248	566	1.86		1.86	0.60	可
	Y方向	2096	566	1.20		1.20	0.60	可

表 4 q 指標による判定結果

階数	壁方向	保有水平耐力 Qu(kN)	重量 ΣW(kN)	分布係数 Ai	q ₁	q ₂	q指標 min(q ₁ ,q ₂)	判定(q)	判定
1階	↑方向	3215	1517	1.00	2.78	0.61	0.61	1.00	不可
	↓方向	2003	1517	1.00	1.73	0.57	0.57	1.00	不可
2階	↑方向	3248	566	1.33	5.65	4.04	4.04	1.00	可
	↓方向	2096	566	1.33	3.64		6.42	1.00	可



4.2 固有周期

計測ケース2の2回目で得られた計測結果より1階床レベルの常時微動水平成分のフーリエスペクトルに対する天井レベルおよび2階床レベルの常時微動水平成分のフーリエスペクトルの比（伝達関数）を図3に示す。計測ケース1, 2で得られた常時微動波形をもとに算定した結果、固有周期はおおむね東西（Y）成分では0.19s、南北（X）成分では0.13sとなった。南北（X）成分より東西（Y）成分の固有周期が長い結果となり、各方向における各計測ケースの固有周期は同程度であった。また、建物周辺地盤の周期は、計測ケース10より0.107s程度で比較的短い周期を持つ硬い地盤であることがわかった。

4.3 ねじれ振動および平面剛性の検討

計測ケース6より得られた常時微動波形を用いて、2階における各地点での微動波形を図4に示す。同図より、2階において各地点の微動波形が概ね一致しており、この結果から本建物は剛床として一体的に挙動していることがわかる。

4.4 高さ方向のモード形状

計測ケース1の計測結果を用いて推定した高さ方向のモード形状を図5に示す。推定した高さ方向のモード形状より、一般的な1次モードおよび2次モードを示した。

5. まとめ

対象建物は、常時微動計測より固有周期、各階床レベルで剛床として一体的に挙動していることが明確となった。また、耐震診断より対象建物の継続使用のためには、耐震補強を行う必要があることがわかった。

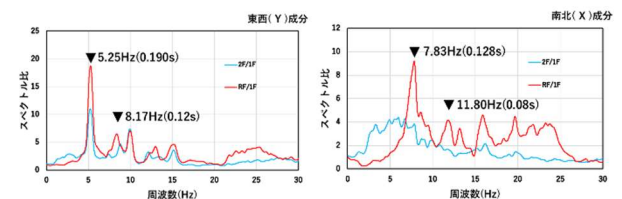


図3 伝達関数（H/H スペクトル比）

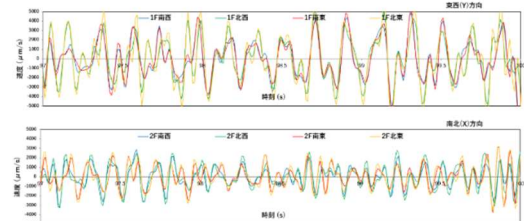


図4 2階床レベルにおける各地点での微動波形

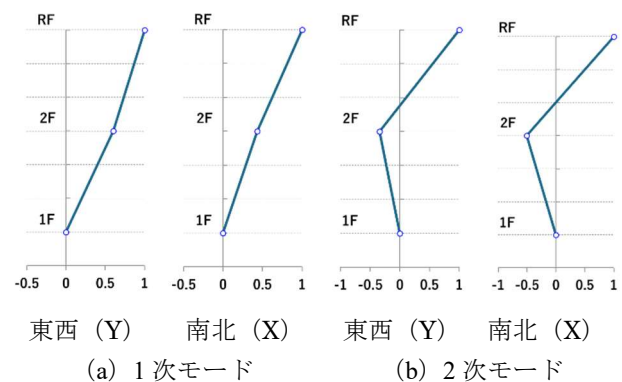


図5 高さ方向のモード形状

【参考文献】

- 1) 煉瓦造建築物の耐震診断規準改訂第2版

* 静岡理科大学 学部生
 ** 静岡理科大学大学院 大学院生
 *** 静岡理科大学 教授・博士（工学）

* Undergraduate Student, Shizuoka Institute of Science and Technology
 ** Graduate Student, Shizuoka Institute of Science and Technology
 *** Professor, Shizuoka Institute of Science and Technology, Ph.D.